LIBRARY
OF THE
MASSACHUSETTS INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Per.
621.3054
E 38

MASS. INST. TECH.
SEP 12 1922
LIBRARY

TRENTE-SIXIÈME ANNÉE

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité et de ses Applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

DEUXIÈME SÉRIE

TOMES L et LI

JANVIER — DÉCEMBRE 1920

ADMINISTRATION ET BUREAUX.

47 et 49, Quai des Grands-Augustins, PARIS (VIe) Téléph. { GOBELINS 19-38 — 36-52

L. DE SOYE, Imprimeur-Éditeur. — DUNOD, Éditeur.

36e Année. — N° 1255. 1er Juillet 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

Usines électriques et supercentrales de la région parisienne : **L. Pahin.** — Manipulateurs automatiques de télégraphie : **J.-B. Pomey.** — Nouvelle méthode pour la mesure des courants continus de grande intensité : **M. Marre.** — La suppression de la magnéto dans l'automobile : **M. G.** — Recherche des défauts sur câbles armés à l'aide d'amplificateurs : **G. Roche.** — Calcul et montage des condensateurs pour T. S. F. : **P. Maurer.** — Signaux de travail dans les ateliers : **Fornaro.** — Inventions. — Appareils et procédés nouveaux. — Enseignement pratique : Problèmes et solutions : **R. Sivoine.** — Tribune des abonnés. — Echos et renseignements commerciaux. — Bibliographie. — Cours des matières premières. — Offres et demandes : emplois, matériel, etc

VERS L'ÉLECTRIFICATION GÉNÉRALE

Les usines électriques de la région parisienne ET LES SUPERCENTRALES

Dans les années qui ont immédiatement précédé la guerre, les distributions d'énergie électrique se sont rapidement et considérablement développées dans la région parisienne et d'importantes usines nouvelles ont été créées. Depuis lors, sous la pression des circonstances, les idées ont évolué. Le remplacement des usines de faible ou de moyenne importance par des « supercentrales » est à l'ordre du jour un peu partout et l'utilisation des ressources hydrauliques ou autres au mieux de l'intérêt général fait l'objet des préoccupations des milieux compétents.

I. — DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ DANS PARIS

Paris n'a guère connu l'éclairage électrique avant 1889. Bien que la France eût été la première à utiliser l'invention de Gramme et que, dès 1878, une petite usine eût assuré pendant quelque temps l'éclairage de l'avenue de l'Opéra au moyen de bougies Jablochkoff, on ne connaissait, avant 1889, à Paris, que quelques installations privées de magasins ou de théâtres, et quelques modestes usines électriques, notamment au Palais-Royal et au Faubourg-Montmartre, dont le réseau de distribution était composé de canalisations passant sur les toits des immeubles.

En 1887, à la suite de l'incendie de l'Opéra-Comique, une ordonnance du préfet de police imposa aux théâtres l'éclairage électrique. L'année suivante, à l'approche de l'Exposition universelle, la Ville de Paris accorda des concessions pour la distribution de l'énergie électrique dans quatre régions de Paris (Cie Parisienne de l'Air comprimé, secteur de la place Clichy, Cie Continentale Edison, Société d'Eclairage et de Force par l'électricité),

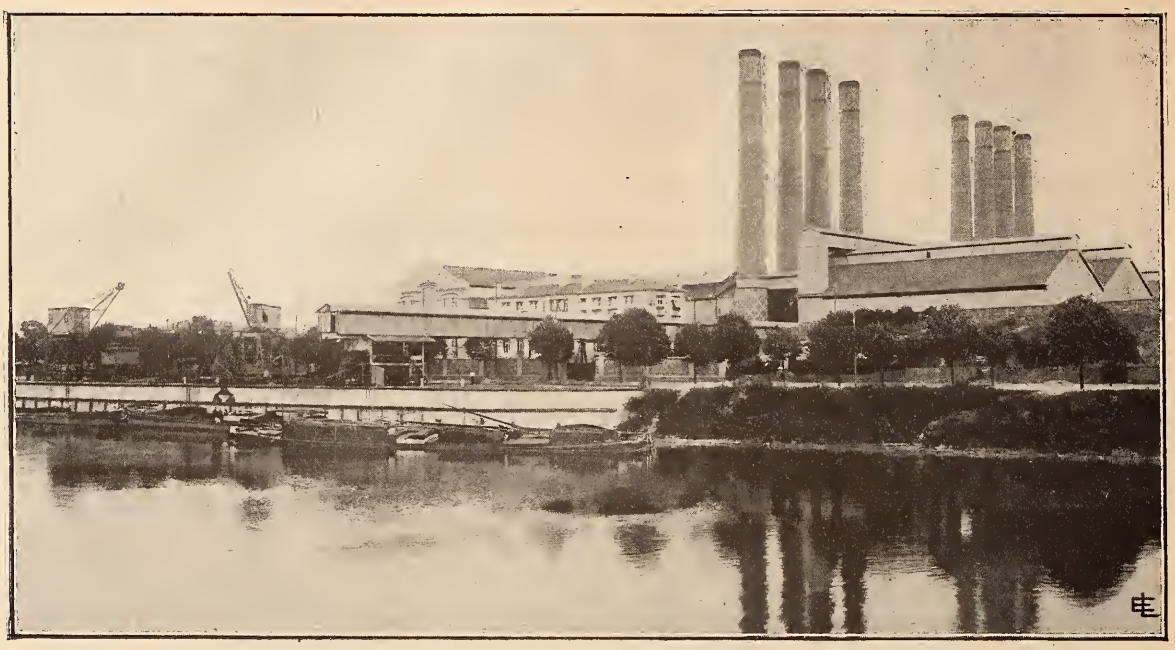


Fig. 1. Vue générale de l'usine de Saint-Denis.

En 1890, une concession analogue était accordée au secteur des Champs-Elysées et, en 1893, au secteur de la rive gauche.

Les débuts furent difficiles, à cause de la concurrence redoutable qu'avait amenée l'invention du manchon Auer. En 1907-1908, date d'expiration des concessions accordées par la Ville, la situation des anciens secteurs était assez prospère.

Par la convention du 5 septembre 1907, la ville de Paris a concédé à l'ensemble des six secteurs auquel s'est substituée, à partir de 1914, la Compagnie parisienne de distribution d'électricité, la fourniture de l'énergie électrique dans tout Paris jusqu'en 1940. La ville partage avec le concessionnaire les reettes brutes cet les bénéfices d'exploitation.

Un programme technique des travaux de premier établissement a d'ailleurs été imposé. Il comportait : la construction de deux stations centrales au nord et au sud-ouest de Paris, la création et l'aménagement de sous-stations, centres de couplage et postes de transformation destinés à recevoir le courant haute tension produit par les usines nouvelles et à en assurer la distribution, la pose de canalisations primaires reliant les usines à ces sous-stations et centres, la transformation du réseau à 2 fils du secteur d'Eclairage et Force en réseau à 3 ou 5 fils, dans le but de réduire les anciens systèmes de distribution des secteurs à trois types (continu 5 fils, continu 3 fils, monophasé), la création d'une nouvelle zone de distribution en alternatif diphasé à 5 fils, correspondant à la zone nord-est de Paris non canalisée jusqu'alors, la pose de nouvelles canalisations de rues.

Le courant alternatif diphasé 42 périodes 12.300 volts, fut choisi parce que, d'une part, le diphasé permettait plus facilement la séparation et l'équilibrage des phases pour l'alimentation des réseaux monophasés de la rive gauche et des Champs-Elysées ; parce que, d'autre part, des installations en diphasé existaient en 1907 dans certaines usines des fournisseurs auxquels les secteurs devaient faire appel pour subvenir aux augmentations de la consommation, pendant la période provisoire nécessaire à la construction des nouvelles usines.

Les deux usines génératrices de la C. P. D. E.

Les deux usines de Saint-Ouen-sur-Seine (usine Nord) et d'Issy-les-Moulineaux (usine Sud-Ouest) furent achevées en 1914. Leur mise en service eut lieu le 1er mars pour l'usine Sud-Ouest, le 18 mars pour l'usine Nord, et la reprise définitive des anciens secteur se faisait en juin.

Elles ont été établies pour une puissance totale

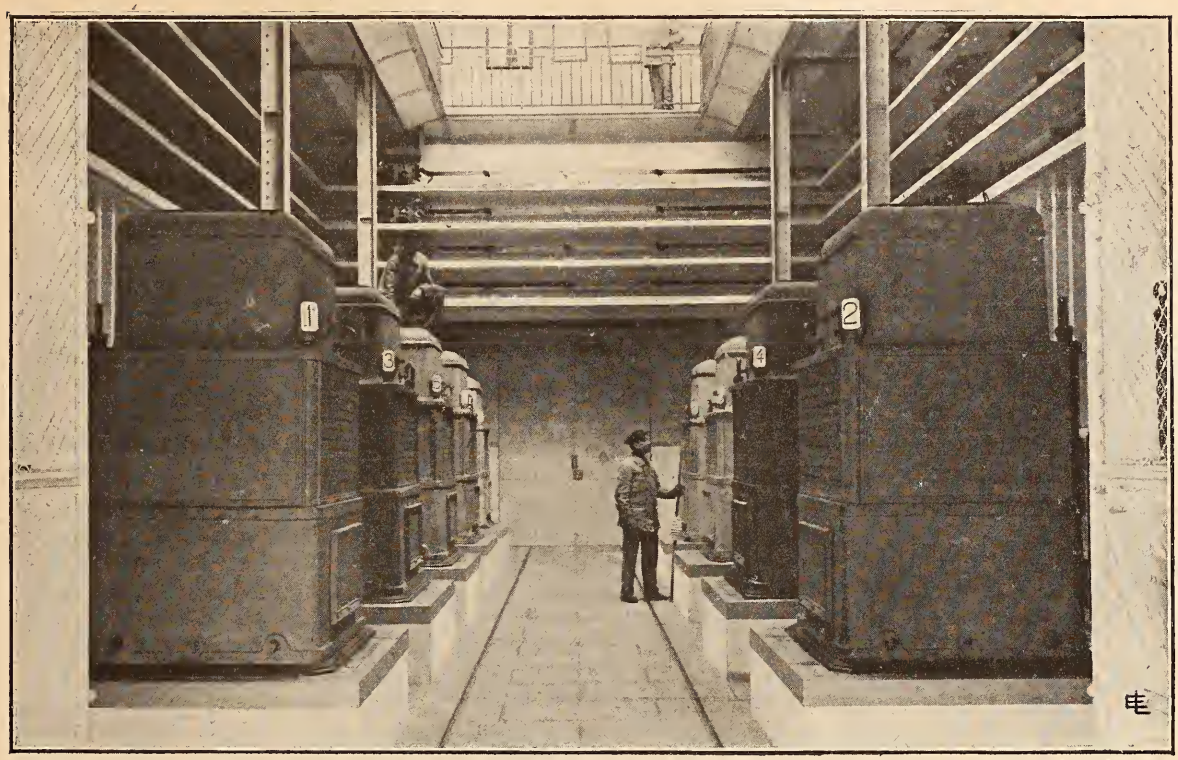


Fig. 2. — Sous-station Sèvres. Transformateurs.

d'environ 75.000 kilowatts, dont 50.000 pour l'usine Nord et 25.000 pour l'usine Sud-Ouest. Des raisons de sécurité ont conduit à établir trois éléments de 25.000 kilowatts, fonctionnant en parallèle, mais pouvant se secourir en cas de besoin.

Les études ont d'ailleurs été faites en prévision d'un développement maximum susceptible d'atteindre un total de 200.000 kilowatts, dont 150.000 à Saint-Ouen et 50.000 à Issy, et certaines parties des ouvrages (conduites d'amenée et d'évacuation des eaux de condensation) ont été établies en conséquence.

Chaque élément de 25.000 kilowatts a été constitué par trois groupes turbo-alternateurs, à condensation par surface, pouvant débiter chacun 12.500 kilowatts pendant deux heures au moment de la pointe, l'un de ces groupes servant de réserve. Une réserve supplémentaire de deux groupes a été prévue à l'usine Nord. Chaque groupe est complètement autonome. Il lui correspond une rue de chauffe de 10 chaudières à grilles mécaniques fonctionnant en tirage naturel pendant la période normale, en tirage artificiel pour la pointe.

Par conséquent, l'usine Nord comprend 8 turbo-alternateurs :

3 turbines Brown-Boveri-Parsons avec alternateurs des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est (Jeumont) ;

2 turbines Brown-Boveri-Parsons avec alternateurs de la Compagnie de Fives-Lille ;

2 turbines Zoelly de la Société Alsacienne avec alternateurs de la Société Alsacienne de constructions mécaniques ;

1 turbine Rateau avec alternateur de Fives-Lille.

L'usine Sud-Ouest comprend 3 turbines Zoelly-Schneider avec alternateurs Schneider du Creusot.

La puissance totale installée est donc de 100.000 kilowatts à Saint-Ouen et de 37.500 kilowatts à Issy.

Ces deux usines sont en relations directes avec la voie ferrée aussi bien qu'avec la Seine. Cette circonstance a été particulièrement précieuse en ces dernières années, notamment lors des grèves des chemins de fer et de la batellerie.

La liaison avec la voie d'eau est réalisée, à l'usine Nord, à l'aide de trémies automotrices électriques et, à l'usine Sud-Ouest, à l'aide d'un convoyeur souterrain.

Voici maintenant la quantité de courant électrique qui a été distribuée annuellement dans Paris par la C. P. D. E. (ou par les anciens secteurs) ;

1907.....	45.311.000	kw-h.
1913.....	130.407.208	—
1914.....	117.806.038	—
1915.....	112.022.500	—
1916.....	177.182.037	—
1917.....	211.634.476	—
1918.....	228.573.900	—

On constate en 1914 et 1915 une diminution due à la guerre. Mais la consommation se relève ensuite très rapidement en raison du développement des ateliers et usines travaillant dans Paris pour les besoins de la guerre. Ainsi, en 1917, sur un total de 241.531.098 kw-h. produits par les deux usines Nord et Sud-Ouest, dont 29.896.622 étaient fournis à diverses usines de guerre de la banlieue, les trois quarts étaient utilisés pour la force motrice, le quart seulement pour l'éclairage. Avant la guerre, au contraire, l'éclairage constituait la principale partie de la distribution.

La puissance maximum fournie au réseau de Paris atteignit 92.000 kilowatts en novembre 1919, 95.000 kilowatts en décembre 1919, dépassant de beaucoup les prévisions d'avant-guerre.

II. — USINE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS

La Société d'électricité de Paris a fondé en 1904 une usine centrale à Saint-Denis dans le but d'alimenter en énergie électrique le chemin de fer métropolitain et diverses entreprises de transports (Nord-Sud, Compagnie des omnibus, Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine). Elle peut également fournir, à titre de secours, une certaine quantité d'énergie à la C. P. D. E. et à la Société d'éclairage et de force.

Son usine de Saint-Denis comporte actuellement 11 turbo-alternateurs Brown-Boveri :

5 groupes triphasés de 5.000-6.000 kilowatts, 10.150 volts, 25 périodes;

5 groupes diphasés de 5.000-6.000 kilowatts, 12.300 volts, 42 périodes;

1 groupe triphasé de 10.000-15.000 kilowatts, 10.150 volts, 25 périodes.

Cette usine est également raccordée à la Seine et à la voie ferrée, cette dernière liaison ne servant que comme secours et ayant d'ailleurs été utilisée pendant la guerre.

Des modifications importantes vont être réalisées pour mettre l'usine de Saint-Denis au niveau des perfectionnements de la technique moderne.

Comme pour les usines de la C. P. D. E., la majeure partie de sa production a été utilisée pendant la guerre par les usines travaillant pour la défense nationale, notamment de nombreuses usines nouvelles dans la banlieue Nord à partir de 1916.

Les chiffres suivants en donnent d'ailleurs une idée très nette :

1905–1906.....	11.960.501	kw-h.
1909–1910.....	77.156.318	—
1913–1914.....	145.350.986	—
1914–1915.....	85.564.641	—
1915–1916.....	116.824.395	—
1916–1917.....	154.630.937	—
1917–1918.....	150.544.395	—
1918–1919.....	134.357.660	—

Le dernier fléchissement est dû à la diminution de production des usines de guerre.

III. — DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ EN BANLIEUE

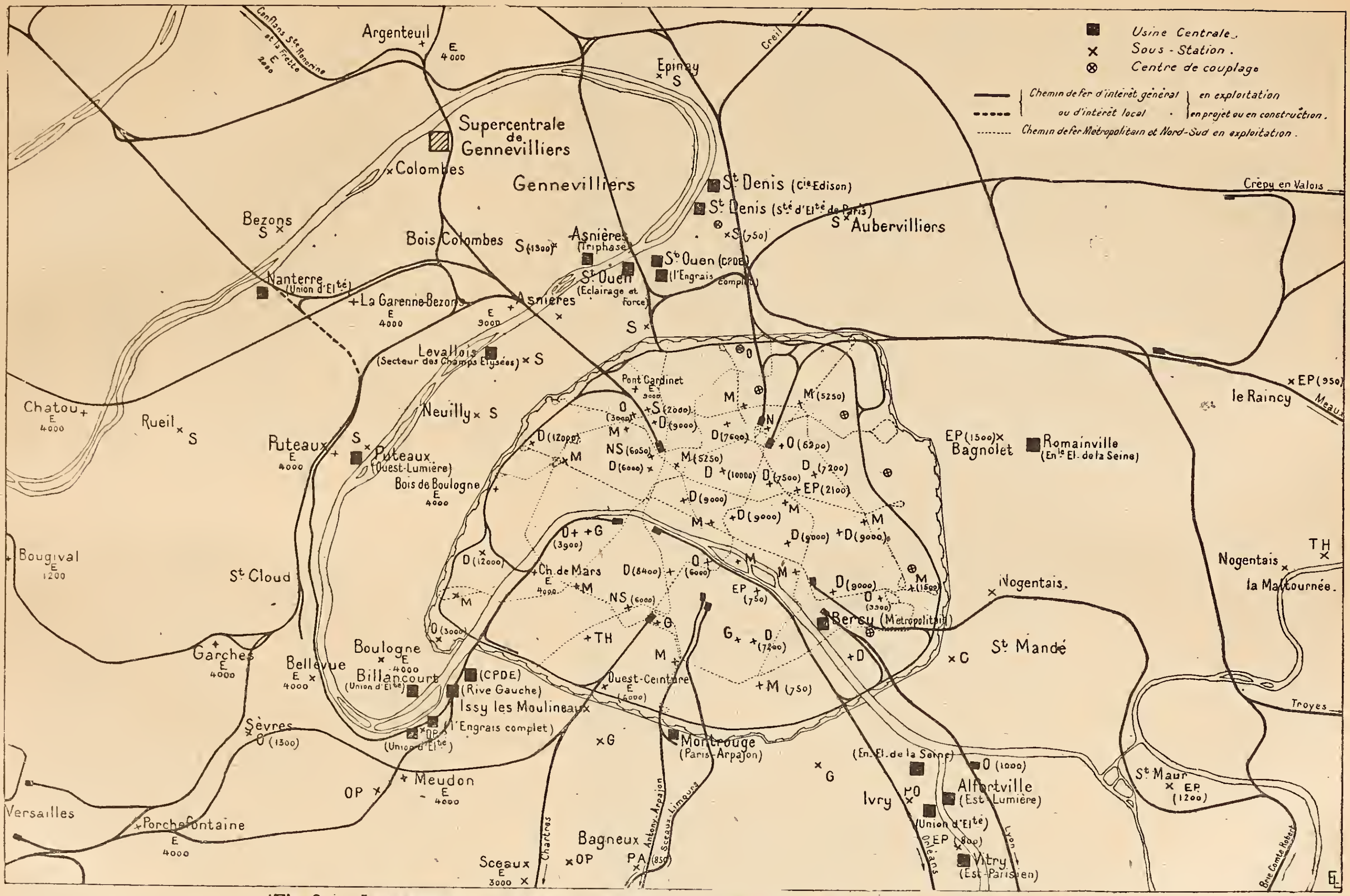
Les anciens secteurs parisiens, depuis la mise en service des usines de la C. P. D. E., ont réservé la production de leurs centrales respectives aux réseaux de distribution d'énergie électrique qu'ils possédaient déjà dans la banlieue parisienne, tout en continuant d'alimenter les entreprises de traction et les industriels qu'ils avaient pour clients.

Pendant la guerre, surtout de 1916 à 1919, la plus grande partie de l'énergie produite par ces différentes usines a été employée aux besoins de la défense nationale.

La première centrale construite fut celle de Saint-Ouen installée en 1889 par la Société de transmission de la force par l'électricité. Elle fut rachetée presque aussitôt par la Société d'éclairage et de force par l'électricité à Paris, pour alimenter deux sous-stations nouvelles dans Paris. Cette société y possédait déjà 4 petites centrales depuis longtemps disparues.

En 1898, la Compagnie Westinghouse fondait à Issy-les-Moulineaux une usine que racheta la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest pour l'alimentation de son réseau en traction (ligne des Invalides à Versailles), lumière et force motrice (gares de Paris). En juin 1913, elle était cédée par les Chemins de fer de l'Etat à la Société l'Energie électrique de la Région parisienne. Sa transformation complète a été entreprise par cette dernière, en même temps qu'une usine nouvelle a été construite depuis 1914 à Nanterre pour alimenter les lignes électriques de banlieue des chemins de fer de l'Etat. Cette usine a été mise en service en juillet 1917.

En 1900, le secteur de Clichy a construit une usine à Asnières, pour alimenter son réseau parisien. Il possédait déjà une centrale dans Paris, aujourd'hui supprimée, L'usine d'Asnières fut



[Fig. 2. — LES PRINCIPALES USINES ET SOUS-STATIONS ÉLECTRIQUES DE LA RÉGION PARISIENNE.

LÉGENDE : E. Chemins de fer de l'Etat. — M. Chemin de fer métropolitain de Paris. — NS. Chemin de fer électrique souterrain Nord-Sud de Paris. — O. Compagnie générale des omnibus de Paris. — S. Tramways de Paris et du département de la Seine (réseau départemental Nord). — G. Compagnie générale parisienne de tramways (réseau départemental Sud). — EP. Tramways de l'Est-Parisien. — OP. Tramways de l'Ouest-Parisien. — PA. Chemin de fer sur route de Paris à Arpajon. — D. Compagnie parisienne de distribution d'électricité (C. P. D. E.). — Nogentais. Chemin de fer Nogentais. — N. Chemin de fer du Nord. — PO. Chemin de fer de Paris à Orléans.

Nota. — Les nombres accompagnant ces abréviations indiquent la puissance installée en kilowatts de la sous-station correspondante.

reprise par le triphasé d'Asnières, qui trouva de nouveaux débouchés pour son énergie électrique dans toute la banlieue et grande banlieue Nord.

A la même époque, l'Est-Lumière créait à Alfortville une usine pour alimenter directement en éclairage et force motrice les communes de cette région.

De même la Compagnie Thomson-Houston équipait alors à Vitry une centrale pour alimenter les anciens tramways sud (actuellement Compagnie générale parisienne de tramways). Aujourd'hui exploitée par l'Union d'électricité, qui a absorbé la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique, elle dessert également les petits abonnés de toute la banlieue sud, différentes lignes, de tramways (omnibus, Nogentais, Rive gauche Générale Parisienne, Nord-Sud) et quelques autres clients.

La même société a équipé quelque temps avant la guerre, une nouvelle usine à Billancourt, pour alimenter le réseau de la Compagnie des omnibus.

Le secteur de la Rive gauche a également construit à Issy-les-Moulineaux une usine qui desservait son ancien réseau parisien et qui alimente actuellement une partie de la banlieue sud de Paris.

Enfin, le secteur Patin, créé en 1902 pour éclairer Puteaux et les environs, édifia l'usine de Puteaux, rachetée ultérieurement par l'Urbaine, puis par l'Ouest-Lumière. Elle alimente la banlieue ouest en lumière, force motrice et traction.

Il est intéressant, pour la suite, de résumer en quelques lignes les caractéristiques essentielles de chacune de ces usines.

Nous ajouterons aussi l'Énergie électrique de la Seine, qui exploite deux usines, à Ivry et à Romainville.

Usine de Saint-Ouen-sur-Seine (Société d'Eclairage et de force par l'électricité à Paris) :

Puissance totale de 7.500 kilowatts :
3 machines à piston Farcot :
1 groupe de ..... 900 kw.
2 groupes de ..... 350 —
1 turbine Curtis-Thomson, de..... 1.760 —
1 — Brown-Boveri, de..... 1.500 —
1 — — ..... 2.600 —
Courants diphasés, 6.000 volts, 42 p : s.

Usine d'Asnières (anciennement : Le Triphasé Nord-Lumière.) :

Puissance totale de 55.000 kilowatts (en machines), 40.000 kw. (en chaudières) :
6 machines à piston Corliss, triple expansion, alternateur de l'Alsacienne de..... 1.000 kw.
2 turbo-alternateurs de l'Alsacienne de..... 6.000 —
1 — de l'Alsacienne de..... 2.200 —
Courants triphasés, 5.500 volts, 25 p : s.
2 turbo-alternateurs de..... 6.000 —
1 — de l'Alsacienne de..... 10.000 —
1 turbo-alternateur de l'Alsacienne de..... 12.000 kw.
Courants diphasés, 12.300 v., 42 p : s.

Usine de Nanterre (anciennement : l'Energie électrique de la région parisienne) :

Puissance totale de 22.000 kilowatts :
2 turbo-alternateurs de l'Electro-Mécanique de..... 5.500 kw.
2 turbo-alternateurs de l'Alsacienne de ..... 5.500 —
Courants triphasés, 15.750 v., 25 p : s.

Usine de Puteaux (anciennement Ouest-Lumière) :

Puissance totale de 40.000 kilowatts :
1 turbine Brown-Boveri de..... 2.000 kw.
1 — — ..... 2.500 —
1 — — ..... 1.500 —
1 — Schneider de..... 3.000 —
Courants diphasés, 3.000 v., 53 p : s.
2 turbines Schneider, de..... 5.500 kw.
1 — Sulzer-Alioth, de..... 6.500 —
1 — — ..... 7.500 —
1 — (en installation), de .... 9.000 —
Courants triphasés, 10.000 volts, 53 p : s.

Usine de Billancourt (anciennement Compagnie générale de distribution d'énergie électrique) :

Puissance totale de 22.000 kilowatts.
1 turbine de ..... 6.000 kw.
Courants triphasés, 13.300 volts, 25 p : s.
1 turbine de ..... 10.000 kw.
1 — (en installation) de..... 6.000 —
Courants triphasés, 5.000 volts, 50 p : s.

Usine d'Issy-les-Moulineaux (anciennement l'Energie électrique de la région parisienne) :

Puissance totale de 22.000 kilowatts :
4 turbines de l'Electro-Mécanique (en installation), de..... 5.500 kw.
Courants triphasés, 15.750 volts, 25 p : s.

Usine d'Issy-les-Moulineaux (anciennement Secteur de la Rive gauche) :

Puissance totale de 15.000 kilowatts :
10 machines à piston Schneider, de. 400 kw.
2 — Sulzer, de ... 1.200 —
1 — Corliss, de ... 1.200 —
Courant monophasé, 3.000 volts, 42 p : s.

Fig 3. Salle des services auxilaires de l'usine Nord/C. P.(D. E.)

1 turbine Escher-Wyss, de..... 5.000 kw.
1 ..... 3.000 —
Courants diphasés, 3.000 volts.

Usine de Vitry (anciennement : Compagnie générale de distribution d'énergie électrique) :

Puissance totale de 55.000 kilowatts.
4 turbines Curtiss-Thomson, de ... 9.000 kw.
Courants triphasés, 13. 500 volts, 25 p : s.
1 turbine (en installation), de..... 12.500 —
1 — ..... 6.000 —
Courants triphasés, 5.250 volts, 50 p : s.

Usine d'Alfortville (anciennement : Est-Lumière)

Puissance totale de 25.000 kilowatts.
Courants triphasés, 5.000 volts, 50 p : s.

Usine d'Ivry (Énergie électrique de la Seine) :

Puissance totale de 21.000 kilowatts.

Usine de Romainville (Énergie électrique de la Seine) :

Puissance totale de 9.000 kilowatts.

Les usines précédentes ne sont généralement raccordées qu'à la voie ferrée ou à la Seine. Celle de Nanterre, pourtant, est en relations directes avec le chemin de fer et avec la voie d'eau et on prévoyait, avant la guerre, son extension à une puissance de 100.000 kilowatts.

Quelques années avant la guerre, on avait déjà envisagé un groupement des secteurs de la banlieue parisienne, de façon à obtenir une unification des conditions d'exploitation. La guerre suspendit les pourparlers engagés à cet effet et on se préoccupa uniquement, malgré la difficulté des circonstances, à donner avant tout satisfaction aux besoins énormes de courant électrique réclamé par la Défense Nationale.

Ce résultat n'a pu être obtenu qu'au prix de grands efforts. Le matériel, difficilement entre-

tenu en raison de la pénurie des matériaux nécessaires, a beaucoup souffert d'une marche continue de jour et de nuit, et, à la fin des hostilités, les secteurs de la banlieue se trouvaient en présence de dépenses importantes à engager pour remplacer une grande partie de leurs installations.

L'Union française d'électricité, constituée dans ces conditions pour reprendre l'idée qui s'était fait jour autrefois, arriva à cette constatation que les capitaux qui devraient être investis pour le renouvellement du matériel des usines actuelles trouveraient un emploi bien préférable si on les utilisait à la construction d'une puissante usine centrale qui livrerait le courant à l'ensemble des secteurs.

Cette usine, pourvue du matériel le plus nouveau et le plus économique, de groupes turbo-alternateurs de grosse puissance, spécialement aménagée pour le but que l'on se propose, pourrait, par suite de la concentration, produire l'énergie électrique à des prix inférieurs à ceux que l'on obtiendrait par la marche de chaque usine individuelle actuelle.

Les secteurs, ainsi débarrassés du souci de produire leur courant, consacreraient tous leurs efforts au développement de leurs réseaux et de la distribution à leur clientèle propre.

Pour donner suite à ces idées, la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique, qui possédait, comme nous l'avons vu plus haut, les deux importantes usines de Vitry (55.000 kilowatts) et Billancourt (22.000 kilowatts), fusionna le 25 août 1919 avec l'Union française d'électricité et prit la nouvelle dénomination : Union d'Électricité.

Ainsi fut décidée, pour les motifs que nous venons d'exposer, la construction d'une « supercentrale » à Gennevilliers, sur un terrain de 8 hectares, sis au bord de la Seine, entre le chemin de fer de Paris à Argenteuil et la route d'Argenteuil à Colombes. En même temps devait être élaboré par l'Union d'Électricité, un programme général de réorganisation du régime de l'électricité dans la région parisienne.

Quelques semaines plus tard, l'Union d'Electricité absorbait l'Energie électrique de la région parisienne, qui avait été constituée en 1913 pour fournir aux chemins de fer de l'Etat l'énergie nécessaire au service des lignes électriques de petite et de grande banlieue. Nous avons vu que cette Société possédait deux importantes usines (dont une en cours d'installation) à Nanterre (22.000 kilowatts) et à Issy-les-Moulineaux (22.000 kilowatts).

D'autre part, par des accords conclus avec les quatre plus importants secteurs de banlieue (Triphasé, Ouest-Lumière, Est-Lumière, Rive-Gauche), il était convenu que les usines de ces Sociétés seraient rachetées par l'Union d'Électricité, mais qu'elles continueraient d'être exploitées par elles jusqu'à la mise en service des premières unités génératrices de la supercentrale. A cette époque, lesdites usines seront arrêtées et ne serviront plus que de réserve.

Lucien PAHIN,
Licencié ès-sciences.

(*A suivre.*)

NOTES DE TÉLÉGRAPHIE

(*Suite* [1]).

Manipulateurs automatiques.

Il y a un service dans lequel, plus que dans tout autre, on a besoin d'un service de retransmission, c'est celui de la télégraphie sans fil. Les stations d'émission risquent fort de troubler par leur travail les stations de réception, d'où la nécessité, dans bien des cas, d'écarter les unes des autres ; les grands postes d'émission, d'autre part, sont répartis sur tout l'ensemble d'un même territoire national. Il faut donc employer toutes les ressources de la technique pour obvier aux désavantages qui résultent de cette dispersion forcée. Des mesures d'organisation administrative doivent être prises pour obtenir la centralisation nécessaire ; mais elles sortent de mon programme et je ne les envisagerai pas. Je me contenterai d'expliquer comment les dipositifs de F. G. Creed et de la Creed Bill and Cy Ltd apportent une heureuse contribution à la solution de ce problème.

Servo-moteur. — Un servo-moteur est un mécanisme qui est susceptible de prendre une infinité de positions d'équilibre, dans lesquelles à toute valeur x du paramètre dont dépend la position actuelle de l'organe de commande correspond une valeur y du paramètre dont dépend la position de l'organe asservi. Dans ces diverses positions d'équi-

(1) Voir l'*Electricien*, 1er février 1920 et suivants.

libre, on a $f(x, y) = o$; dès que l'on trouble cet équilibre, le système, dont la configuration dépend de ces deux variables indépendantes, cesse d'être en équilibre et le changement que l'on fait subir à l'organe de commande, ou de contrôle, comme diraient les Anglais, a pour conséquence la mise en marche de l'organe asservi ou d'exécution. En général, on dispose du sens dans lequel la force, qui naît du déséquilibrage, peut agir sur ce mobile et l'on devra choisir le sens qui porte y vers la position d'équilibre voisine y_1, qui correspond à la valeur x_1, voisine de x, qu'on a donnée au paramètre contrôleur.

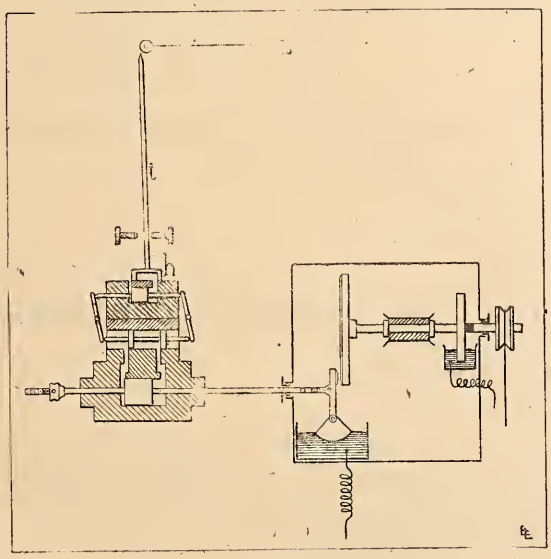


Fig. 1.

C'est un fonctionnement de ce genre que nous observons dans le récepteur perforateur Creed. Seulement, il n'y a pas une infinité continue de positions d'équilibre; il n'y en a que deux à considérer; si la soupape est déplacée d'un côté, le piston se déplace, comme on verra, du même côté, (fig. 1), et le jeu des bielles sur les ressorts a eu pour effet de réarmer les électroaimants; un courant de sens contraire déplaçant la soupape de l'autre côté, le piston se déplace également de l'autre côté et le système est ainsi susceptible de prendre deux positions distinctes d'équilibre stable.

Or, l'avantage est qu'il suffit d'une action légère pour déplacer la première soupape, qui est, d'ailleurs, une soupape équilibrée; celle-ci, à son tour, fait mouvoir, par un mouvement de balancier analogue à celui de la balance de Roberval, un second tiroir équilibré, plus puissant, organe intermédiaire dont nous n'avions pas encore parlé, pour éviter d'inutiles complications et c'est ce tiroir qui envoie finalement l'air comprimé sur une face ou sur l'autre du piston moteur.

Nous disposons alors d'une force aussi considérable que nous voulons et nous pouvons, grâce à l'élasticité de l'air, avoir des mouvements auss rapides que l'exigent les transmissions télégraphiques ou radiotélégraphiques, avec tous les amortissements désirables.

Transmissions radiotélégraphiques automatiques. — Le levier i qui déplace la soupape h peut être actionné par un transmetteur Wheastone ordinaire dans lequel on engage une bande perforée, de la même manière que se trouve actionné le levier inverseur, qui, dans le modèle télégra-

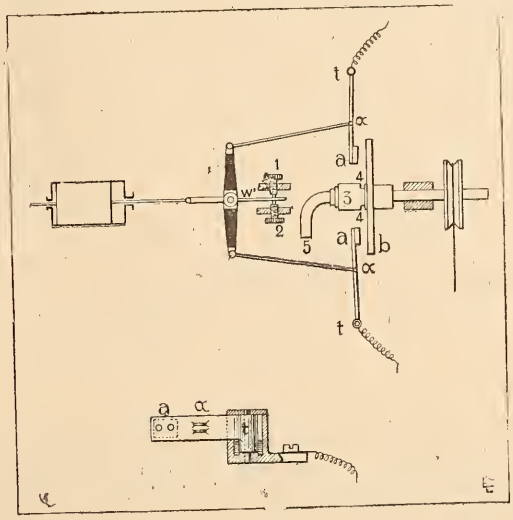


Fig. 2.

phique, ordinaire, envoie des émissions de courant.

La façon la plus simple d'utiliser le mouvement du piston, pour faire de la transmission radiotélégraphique, consistera alors à relier la tête du piston à un levier de manipulation; un appendice du levier plongera en permanence dans le mercure représentant l'une des bornes du circuit de manipulation; ce levier sera terminé par un contact argenté qui sera appliqué, sous l'action du piston moteur, contre le bord d'un disque métallique en rotation rapide, rattaché par un autre disque, calé sur le même arbre et plongeant dans une auge à mercure, à l'autre borne du circuit de manipulation. Le disque doit être entraîné par frottement, pour éviter toute détérioration au moment du contact. Et l'étincelle sera amortie si le contact s'effectue dans le pétrole.

Mais un procédé qui paraît beaucoup plus parfait consiste à utiliser le mouvement du piston pour produire le déplacement simultané de deux leviers

de contact *at* contre le disque de rotation *b*. En ce cas, il y a lieu, pour que les efforts soient symétriques et pour le partage du courant, par moitié, entre les deux contacts, de régler l'appareil de façon à avoir la simultanéité dans l'établissement des contacts; c'est ce que permet l'action des deux vis de réglage 1 et 2 sur la languette élastique W'; au point de vue électrique, on peut avoir de très bons isolements en donnant une longueur suffisante à la tige isolante W. Le disque doit toujours être entraîné par simple frottement. Enfin l'amortissement de l'étincelle, au lieu d'être obtenu par immersion, résulte de l'action puissante exercée sous forme de soufflage, par le jet d'air, fourni par les buses 4 et dirigé tangentiellement aux faces planes des contacts. Ceux-ci sont en argent. Le tuyau 5 amène l'air comprimé à 3 ou 4 atmosphères à la tête 3. Comme la compression a pour effet de transformer en eau la vapeur d'eau contenue dans l'air, il est utile de purger la canalisation de l'eau qui peut s'y déposer.

La liaison électrique des leviers *at* se fait dans le mercure; l'axe d'un de ces leviers est vertical et sa partie inférieure repose sur une crapaudine; le massif formant coupelle, elles sont baignées par le mercure.

Si l'on se sert d'un arc Poulsen, les contacts courtcircuitent quelques spires de la self d'antenne. Cet appareil donne des résultats remarquables.

POMEY J.-B,
Ingénieur en chef des P. T. T.

CHRONIQUE

Nouvelle Méthode pour la mesure des courants continus

DE GRANDE INTENSITÉ

La méthode ordinairement employée pour mesurer les courants continus de haute intensité consiste à employer la bobine mobile d'un ampèremètre (du type employé dans les millivoltmètres), connectée aux extrémités d'un shunt placé dans le circuit principal. Cette méthode est satisfaisante lorsque l'instrument de mesure n'est pas éloigné du conducteur de courant, en notant toutefois que l'énergie perdue dans le shunt lui-même n'est pas négligeable s'il s'agit de courants de haute intensité. Cependant, si les instruments de mesure sont à une distance de 180 à 275 mètres du câble transportant le courant, les conducteurs pilotes doivent être de grande section transversale, afin que la chute de tension qu'ils déterminent soit minimum et même, dans ce cas, la chute de voltage qui se produit à travers les bornes du shunt est tellement grande que la dissipation d'énergie dans le shunt est encore importante. Si les mesures ont lieu à de plus grandes distances, le coût des conducteurs pilotes et la perte dans le shunt principal en interdit presque l'emploi. Pour surmonter ces difficultés, on a eu l'idée de faire usage du téléphone pour connaître les indications d'instruments aussi éloignés ou de se servir d'instruments répétiteurs variés.

Une méthode intéressante et entièrement nouvelle de mesure à distance des courants continus de haute intensité a été découverte par Ernest Besag et est maintenant en usage à Francfort-sur-Mein. Les détails suivants sont extraits d'un article de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*. La méthode est basée sur les variations que subit l'impédance d'une bobine alimentée par du courant alternatif lorsque le noyau de fer de la bobine est magnétisé par le courant continu qui est à mesurer aussi bien que par le courant alternatif. En se reportant à la figure 1, on voit que le conducteur à courant continu C est entouré par deux noyaux de fer à anneau sur lesquels sont enroulés les bobines D_1, D_2. Ces bobines sont connectées de sorte qu'il n'y ait pas d'effet résultant sur le courant dans C dû aux enroulements à courant alternatif. Les bornes de ceux-ci sont réunis à la station éloignée, comme le montre la figure et un ampèremètre à courant alternatif est placé à l'endroit où les lectures doivent être faites. Les fils d'alimentation en courant alternatif à 110 ou 220 volts sont connectés au circuit de mesure et il est nécessaire que cette alimentation soit, dans les limites usuelles des stations comprenant des turbo-alternateurs, à voltage et fréquence constants et que la forme d'onde soit la même.

Lorsqu'aucun courant ne passe dans C, les bobines D_1, D_2 exercent presque un pur effet d'impédance et l'ampèremètre à courant alternatif est

pratiquement à zéro. Aussitôt que le courant dans C augmente par suite de la saturation magnétique des noyaux A et B, l'effet d'impédance de D_1, D_2 diminue et le courant alternatif dans le circuit de mesure augmente. Pour chaque valeur du courant continu du circuit principal, il y a une valeur définie du courant alternatif; dès lors, l'ampèremètre à courant alternatif peut être étalonné pour lire directement les ampères en courant continu. En employant une tension de 110 ou 220 volts dans le circuit alternatif, le courant requis peut être maintenu tellement bas que de tout petits conducteurs peuvent être employés sans qu'il résulte une erreur appréciable de chute de tension dans ces conducteurs.

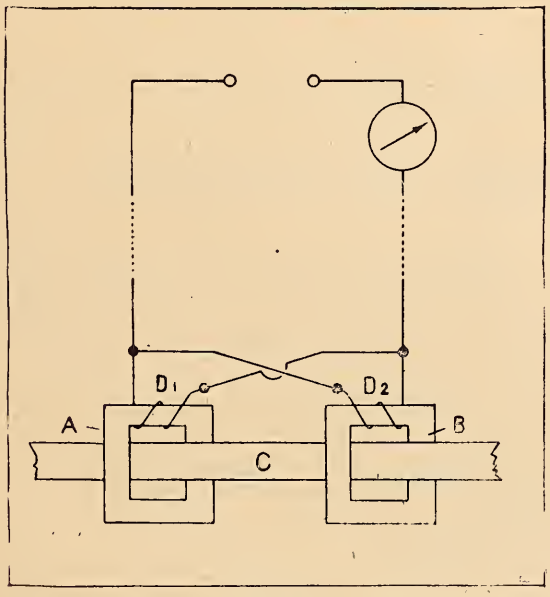


Fig. 1.

Le réseau municipal de tramways de Francfort-sur-Mein est alimenté principalement par des turbo-générateurs dans la station n° 1, mais si la capacité de ceux-ci est dépassée, le surplus est fourni par une station de transformation située à environ 2 kil. 5 de la station génératrice.

Jusqu'ici la distribution économique de la charge entre les nouvelles installations nécessitait une communication téléphonique continuelle; l'emploi du nouveau système de mesure a rendu ces communications inutiles.

A la station génératrice est placé un ampèremètre à courant alternatif étalonné jusqu'à 5.000 ampères courant continu et connecté aux bobines d'impédance de la sous-station par une paire de conducteurs de 1,5 $^{m}/^{m2}$. La sous-station est semblablement équipée avec un ampèremètre de 5.000 ampères, indiquant la charge des barres omnibus de la station génératrice. La résistance de chaque circuit de mesure est d'environ 70 ω. Le circuit de mesure est alimenté par le courant de la ville (120 volts, 45,3 périodes).

Le relevé oscillographique de la figure 2 fut obtenu en employant dans le circuit de mesure une tension de 220 volts, 45,3 périodes et en remplaçant par cet essai le conducteur C de la figure 1 par un enroulement à courant alternatif placé sur chaque noyau. Lorsque le courant continu fut zéro, le courant alternatif dans le circuit de mesure était presque exactement décalé de 90° sur le voltage relevé. Avec des valeurs croissantes de courant continu, le courant alternatif augmenta, comme le montre la figure, et son décalage fut réduit, mais ne tomba jamais au-dessous de 70° environ, de sorte que la consommation de puissance dans le circuit alternatif resta petite d'un bout à l'autre. Les valeurs du courant indiqué par la figure 2 sont les valeurs du courant continu employé dans les enrou-

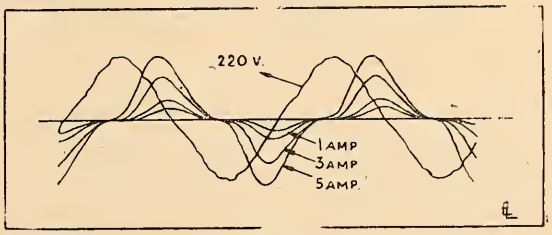


Fig. 2.

lements auxiliaires des noyaux fer et non les ampères en courant alternatif du circuit de mesure.

D'après les résultats obtenus à Francfort, les courants continus de haute intensité peuvent être mesurés par cette méthode avec une erreur ne dépassant pas ± 2 %.

En laissant de côté la valeur de cette méthode pour les mesures à grande distance, elle offre en outre l'avantage d'éliminer les pertes dans le shunt qui sont importantes si l'on a affaire avec des courants de haute intensité, même si l'instrument de mesure est placé près du conducteur principal. Un autre avantage, qui sera plus apprécié maintenant que la haute tension à courant continu tend à se généraliser pour la traction, est que les conducteurs pilotes employés dans la méthode Besag n'ont besoin d'être isolés que pour 110 ou 120 volts continus et non pour le voltage du circuit principal. A part l'économie qui en résulte, les risques opératoires sont réduits par l'élimination des connexions électriques directes entre le tableau et le circuit à haute tension continu. Une application importante possible de la méthode nouvelle est de pouvoir mesurer le courant de charge ou de décharge des

batteries d'accumulateurs placées dans une sous-station éloignée.

L'emploi de courant alternatif dans le circuit de mesure est presque toujours possible; dans le cas contraire, il serait souvent préférable d'installer un petit groupe convertisseur pour rendre possible l'emploi de cette méthode.

Une modification possible de cette méthode se suggère d'elle-même : ce serait d'employer un noyau de fer unique autour du conducteur à courant continu A (fig. 1) et de connecter l'enroulement D_1 de ce noyau à un fluxmètre. Le fluxmètre étant mis à zéro lorsqu'aucun courant ne passe dans C, la déviation de l'instrument devra, en conséquence, être proportionnelle à la magnétisation de A et, par suite, au courant passant dans C. La loi ne sera pas linéaire à cause de la saturation magnétique du noyau de fer, mais on pourra étalonner le fluxmètre pour indiquer directement les valeurs correspondantes du courant principal. Cette méthode ne serait pas applicable aux mesures à grande distance, par suite de la très petite force électromotrice de self produite par les variations de la magnétisation de A, mais elle pourrait être appliquée dans certains cas spéciaux et aurait l'avantage d'éviter l'emploi du courant alternatif nécessité dans la méthode Besag. Les erreurs dues à l'hystérésis et au magnétisme rémanent pourraient généralement être rendues minimum en employant un entrefer convenable dans le circuit magnétique.

M. Marre,
Ingénieur E. T. P.

(D'après *The Electrical Review.*)

La suppression de la magnéto dans l'automobile.

Cette question est à l'ordre du jour actuellement et nous croyons pouvoir intéresser certains de nos lecteurs en publiant les résultats suivants donnés par M. A. C. Booth dans *The Electrical Review.*

En 1915, l'auteur a acheté une voiture américaine munie de l'éclairage et du démarrage électriques au moyen d'accumulateurs chargés par une dynamo pouvant également fonctionner comme moteur. Ces appareils ont donné toute satisfaction pendant une période de près de cinq ans. Le moteur part « froid » même en hiver et l'énergie est suffisante pour allumer sept lampes, allumer le moteur et faire fonctionner le klaxon. Jusqu'à présent le moteur a fait 15.000 kilomètres sans qu'il ait été nécessaire de toucher à la manivelle; les bougies n'ont jamais été changées et à peine ont-elles été nettoyées deux ou trois fois. Le faible chiffre de kilomètres parcourus est dû à la guerre, mais de fréquentes mises en marche ont fait travailler les batteries qui ont cependant très bien résisté et n'ont nécessité que l'addition d'un peu d'eau distillée tous les mois. Naturellement il a fallu les recharger tous les quinze jours environ, en faisant tourner le moteur ou par tout autre moyen.

Ci-joint un schéma explicatif de l'appareil montrant les détails des connexions. Il existait une batterie de piles sèches qui a été enlevée. Il n'y a ni voltmètre, ni ampèremètre, ce qui facilite la besogne d'un conducteur qui ne connaîtrait rien en électricité. La charge est automatique, pas de commutateurs à manœuvrer suivant la vitesse du moteur. La bobine n'est pas du type à trembleur, elle ne donne qu'une étincelle par cylindre; le mécanisme de rupture situé sous le distributeur est d'assez grande dimension et n'a pas eu besoin d'être vérifié plus de trois ou quatre fois.

La figure se comprend aisément, mais elle n'est pas tout à fait conforme à la disposition primitive qui a été un peu modifiée. Le châssis de la voiture et le moteur servent au retour du courant, ce qui simplifie beaucoup l'installation. Les lampes ont un contact central, l'autre extrémité du filament étant reliée à la douille en laiton.

(1) **Pour mettre en marche le moteur.**

a) Tirer à soi le bouton M; la dynamo démarre lentement comme moteur par suite du courant des accus;

b) Appuyer ensuite lentement sur la pédale de démarrage; cette action fait engrener le pignon du moteur avec le volant, puis relève un balai de la dynamo et fait tomber le balai relevé du moteur, de telle sorte que le moteur se met en marche rapidement.

c) Quand le moteur allume, quitter la pédale de démarrage; ceci relève le balai du moteur et fait retomber le balai de la dynamo en même temps que les engrenages cessent d'être en prise; la dynamo charge alors la batterie en même temps

qu'elle fournit de l'énergie pour l'allumage et l'éclairage.

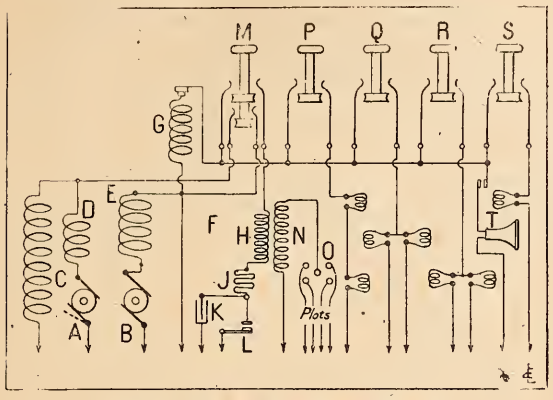


Fig. 1. Schéma des connexions.

A, dynamo ; B, moteur ; C enroulement shunt ; D, enroulement série renversé ; E enroulement du moteur F, trois accumulateurs ; G, coupe-circuit magnétique ; H N, bobine d'allumage ; J, résistance ; K, condensateur ; L, rupteur ; M, commutateur pour la dynamo et la bobine d'allumage ; N, bobine secondaire ; O, distributeur ; P, commutateur pour la lanterne arrière et la lampe rouge témoin de l'intérieur ; Q, commutateur pour les deux lanternes de côté ; R, commutateur pour les deux phares ; S, commutateur pour la lampe de la cloison avant ; T, klaxon électrique.

(2) Pour stopper le moteur.

Pousser le bouton M.

Le groupe dynamoteur a trois enroulements inducteurs, deux enroulements d'induit et deux collecteurs. Chaque collecteur a toujours un bala en contact tandis que les deux autres servent de commutateurs pour connecter soit le moteur, soit la dynamo, suivant que la pédale de démarrage est en action ou au repos. La dynamo commence à charger la batterie quand la vitesse du moteur est de 350 tours. On évite un excès de courant au moyen d'un enroulement-série renversé. On évite l'excès de courant dans la « bobine d'allumage par la simple résistance du fil qui en s'échauffant augmente la résistance du circuit.

Le coupe-circuit magnétique ne fonctionne pas tant qu'il ne passe pas 25 ampères à travers la bobine ; à 25 ampères, il coupe le courant et le réduit à 4 ampères ; de plus le bruit qu'il fait en vibrant attire l'attention et avertit qu'il y a quelque chose d'anormal. Aucun fusible dont il faille se préoccuper.

Les phares sont de 12 bougies chacun, les lanternes de côté de 6 bougies et la lanterne de l'arrière de 2 bougies.

M. G.

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Recherche des défauts sur câbles armés à l'aide d'amplificateurs.

Différents essais furent exécutés sur un certain nombre de câbles sous plomb.

L'appareil producteur de courants vibrés était du système Boucherot (voir fig. 1).

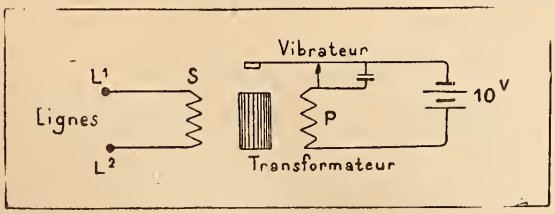


Fig. 1. — Schéma de la bobine Boucherot.

Le récepteur était un amplificateur à trois étages (fig. 2), dont les connexions varient par rapport aux amplificateurs de T. S. F. A mon avis un amplificateur à deux étages suffirait dans la plupart des cas et aurait l'avantage d'être plus transportable. La source 80 volts était fournie par des blocs de piles sèches de 40 volts chacun ; la source 4 volts est fournie par un accumulateur 40 AH.

L'énergie à la transmission était fournie par un accumulateur de 10 volts 20 AH. Si parfois on se servait d'amplificateur à deux étages, la source de transmission sera portée à 20 volts. Le courant de terre pouvant atteindre 1 ampère, surtout si le câble est long.

La recherche du défaut est basée sur la T. P. S. (1). L'une des extrémités du câble étant isolée, l'autre ayant été branchée à une des bornes du Boucherot ; l'autre borne reliée à une terre auxiliaire (fig. 3) placée à une certaine distance du câble au moment

(1) Voir l'*Electricien*, 31 octobre 1919.

de l'émission. Les ondes se rejoignent au défaut à la terre auxiliaire comme l'indique le pointillé. Il est donc préférable que la terre auxiliaire soit le plus possible éloignée du câble, de façon que les ondes ne se ferment pas par l'enveloppe du câble.

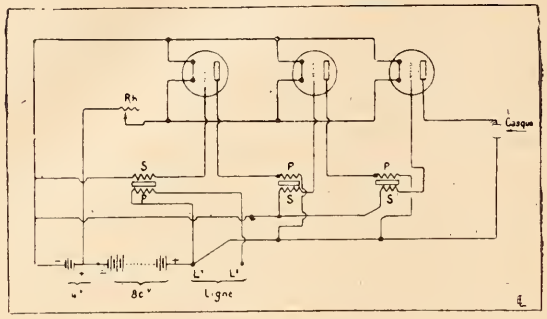


Fig. 2. — Amplificateur.

Si nous plaçons un amplificateur avec ses deux prises de terre au départ en A nous aurons une certaine intensité à la réception qui sera maximum, passera par un minimum au milieu, pour reprendre son maximum au défaut en B. En C, nous aurons une décroissance d'énergie, ce qui prouvera que nous avons dépassé le défaut; il faut autant que possible que la base de réception *c a d*, la ligne rejoignant les deux terres soit parallèle au câble. Si nous la plaçons perpendiculairement, la réception est nulle; pour faciliter le transport des appareils on se servira d'un petit chariot; si le câble suit une route on se servira d'une auto, etc.

La réception peut avoir lieu au casque ou au millivoltmètre.

La première méthode me paraît la meilleure, attendu que dans des essais faits en 1916 (recherche de courants telluriques), nous avons eu loin de tout centre émetteur de T. P. S., mais à proximité de transports de force des courants de 0,003 volts et 0,01 volts provenant de pertes sur les secteurs.

Je m'empresse de dire que la nature du terrain

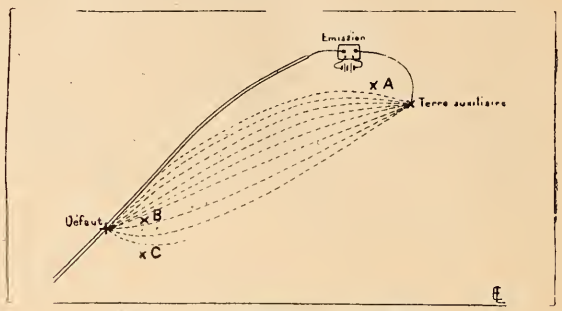


Fig. 3. — Localisation du défaut.

joue un rôle très important. D'une façon générale, les terrains secs ou peu humides se prêtent bien à ces recherches. Les cours d'eau gênent, car ils accaparent une partie du courant d'émission.

Je ne puis donner une règle générale, attendu que maintes fois l'expérience m'a donné des contradictions.

Les prises de terres étaient constituées par des piquets (tube de fer étamé 33/42, une extrémité apointée, l'autre portant une bonne prise de courant) de $0^m,80$ enfoncés de 0,60 à 0,70. Il y en avait trois par prise. Les fils servant à relier les appareils étaient du fil de cuivre nu 15/10.

Les défauts furent repérés presque exactemen (dans des cas bien mauvais, le rayon fut de 8 à 10 m.).

Il serait intéressant de faire des recherches plus approfondies à ce sujet. G. Roche.

Calcul et montage des condensateurs pour T. S. F.

Un condensateur est, comme on le sait, formé par deux armatures métalliques séparées par une lame isolante appelée diélectrique. On a constaté que pour un condensateur donné, plus la différence de potentiel de charge est grande, plus la quantité d'électricité est grande, et on a le rapport.

$$\frac{Q}{E} = \text{constante.}$$

Ce rapport constant s'appelle la capacité du condensateur et s'évalue en farads ou en microfarads.

$$1 \text{ microfarad} = 1 \text{ farad} \times 10^{-6}.$$

On démontre, en outre que la capacité d'un condensateur plan est proportionnelle à la surface des armatures et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare. Cette capacité dépend, en outre, du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique. La formule :

$$C = K \frac{S}{4 \pi l}$$

permettra de calculer un condensateur.

C = capacité en farads.

K = pouvoir inducteur spécifique.
l = distance qui sépare les amatures en cm.
S = surface totale des armatures en cm².

On trouve facilement la valeur de K dans tous les formulaires. Nous le donnons pour quelques matières : air, 1 ; ébonite, 2,1 à 2,8 ; mica, 6 ; verre blanc, 7 ; parrafine, 2,1 ; caoutchouc, 2,2 ; gomme laque, 3,3 ;

Il est assez difficile de calculer et de construire avec exactitude un condensateur pour appareils de réception de T. S. F. Ils sont en effet de l'ordre de :

$$\frac{1}{1.000} \text{ à } \frac{1}{100.000} \text{ de microfarads.}$$

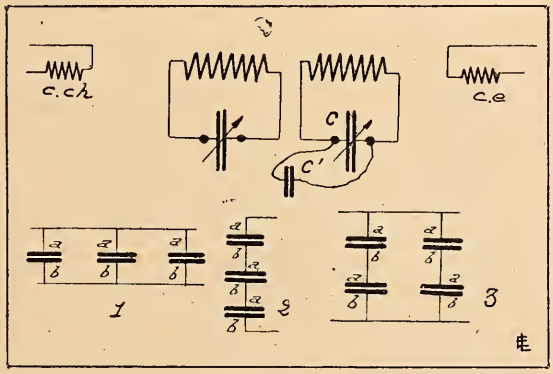


Fig. 1.

Il vaut mieux alors étalonner par comparaison le condensateur construit. Pour cela on devra se servir de deux circuits oscillants (fig. 1) étalonnés, montés avec vibrateur et circuit d'écoute (contrôleurs d'onde). Dans une première mesure on réalise la résonance et on lit la valeur de la capacité du condensateur variable C'. On monte alors le condensateur à étalonner C en parallèle avec C' et on cherche la résonance. Celle-ci se produit pour une valeur nouvelle de C' égale par exemple à C''.

On a $C' = x + C''$
d'où $x = C' - C''$.

On peut construire un condensateur *d'environ* 1/1.000e de microfarad en utilisant deux feuilles d'étain de 4 × 3 cm séparées par une feuille de mica de 1/10e de millimètre. En assemblant des capacités ainsi constituées, on pourra former des condensateurs de capacité très différente. On peut, en effet, grouper des condensateurs en parallèle, en série et en série parallèle.

1° En parallèle. — La capacité de l'ensemble est égale à la somme des capacités partielles.

$C = c_1 + c_2 + ... + c_n$ et si $c_1 = c_2 =$ et... c_n, etc.
$C = n\ c_1$

Dans ce montage (1), les armatures *a* sont réunies entre elles ainsi que les armatures *b* ; on obtient des capacités de plus en plus grandes.

2° En série. — L'inverse de la capacité résultante = la somme des inverses des capacités partielles.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \text{ etc...}$$

Et si $c_1 = c_2 = c_3 = ... c_n$

$$\frac{1}{C} = \frac{n}{c_1} \text{ d'où } C = \frac{c_1}{n}$$

Dans ce montage (2), l'armature *b* du premier condensateur est reliée à l'armature *a*, du condensateur suivant.

3° En série parallèle. — Le schéma (3) indique ce montage qui dérive en réalité des deux autres ; les condensateurs sont montés deux par deux en série et les groupes formés sont montés en parallèle.

On voit que toutes les combinaisons seront permises, à condition d'avoir un condensateur exactement étalonné.

Remarque. — Dans la plupart des cas, il sera préférable de construire un condensateur variable de capacité totale inconnue, construit par exemple, comme cela a été indiqué, dans un des numéros précédents de l'*Electricien*, et de rechercher la position favorable quand il aura été monté dans le circuit.

P. Maurer,
Ingénieur-électricien.

QUE DEVIENNENT LES AUTORISATIONS des postes récepteurs de T. S. F. ?

Nous avons publié dans l'*Electricien* du 15 mars dernier le texte du décret soumettant les petits postes récepteurs de T. S. F. à un régime d'autorisation, — et à une taxe annuelle.

L'administration des P. T. T. s'est réservé les droits de contrôle les plus étendus, mais les autorisations demandées se font toujours attendre, si nous en croyons les réclamations qui nous sont communiquées à ce sujet. C'est ainsi qu'un sans-filiste nous écrivait récemment : « Je me suis conformé aux décrets du 17 février 1920 et je n'obtiens aucune réponse, que faire dans ce cas ? Cette autorisation est-elle si difficile, même pour un Français qui a ses papiers en règle ? »

Il est évident que de tels règlements administratifs devraient être respectés en premier lieu par l'administration, ce qui ne me paraît pas être le cas.

SIGNAUX DE TRAVAIL DANS LES ATELIERS

++++

Malgré le nombre d'heures de travail réduit, la production devant être poussée à outrance, il est essentiel que ces heures soient employées sans aucune perte; c'est d'ailleurs également l'intérêt de l'ouvrier qui, dans notre région, vient de passer un arrangement avec le patron, aux termes duquel l'indemnité de vie chère augmente avec la production. Aussi pour ne perdre de temps ni à l'entrée, ni à la sortie, nous avons installé dans chaque atelier une cloche mue électriquement de la salle des machines par la pendule réglant les entrées et sorties.

Ce sont de grandes cloches de 0m,20 de diamètre à électro-trembleur et battant intérieurs, fonctionnant sous 110 volts continu. L'intensité absorbée par chaque cloche est variable avec son

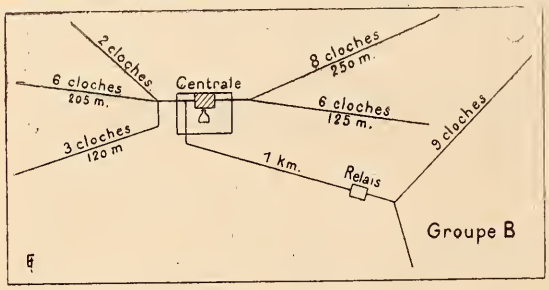


Fig. 1.

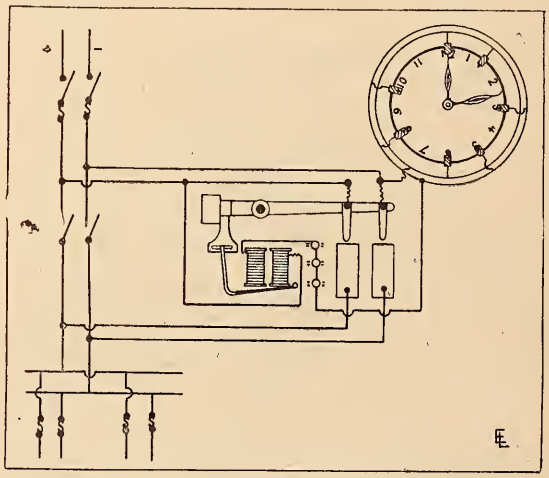


Fig. 2.

réglage (de 0 A 2 à 0 A 5), et il est évident qu'on ne saurait additionner le nombre de cloches pour avoir l'intensité totale absorbée dans chaque branche et en déduire, avec la résistance de la ligne, le voltage aux bornes de la cloche, attendu que toutes ne battent pas au synchronisme et que l'intensité peut être maximum dans une cloche à l'instant où elle est nulle dans la voisine. Ainsi le groupe de 26 cloches avec le relais prend 2 A 6; le groupe B de 9 cloches prend 1 A.

Le réseau (fig. 1) comprend 35 cloches divisées en 2 groupes en raison de l'éloignement d'une certaine partie; la liaison entre les deux groupes est assurée par un relais qui ferme le circuit du second groupe sur une source locale de courant.

Malgré les distances, nous avons pu établir le réseau en fil de 20/10e nu à l'extérieur et 9/10e isolé à l'intérieur. La commande directe des 9 cloches du groupe B eût nécessité un fil de grande section pour ne pas avoir une chute de tension exagérée; c'est pourquoi nous avons employé un relais (fig. 2).

L'ensemble est commandé directement par la pendule de la Centrale. C'est une pendule ordinaire à cadran de verre à laquelle nous avons ajouté les contacts électriques nécessaires. Sur chaque aiguille nous avons soudé de petits balais découpés dans une feuille mince d'argent : au pourtour du cadran, nous avons pincé de petits blocs de fibre dans lesquels nous avons planté verticalement pour les minutes, horizontalement pour les heures, de petites tiges d'argent reliées à deux fils isolés faisant le tour du cadran, l'un pour les heures, l'autre pour les minutes. L'ensemble des deux aiguilles fonctionne comme interrupteur unipolaire. Cet interrupteur ferme à l'heure convenable le circuit d'un électro-aimant; nous avons employé un électro de sonnerie de télégraphe, 500 Ω, en série avec lequel nous avons placé encore 3 lampes carbone 5 bougies, soit environ 1.800 Ω afin de réduire le courant passant par les aiguilles à une valeur extrêmement faible pour ménager les contacts (de 0 A, 04 à 0 A, 05). Le battant de l'électro a été coudé et relié à un levier de fibre dont le grand bras porte deux tiges de cuivre plongeant dans les godets de mercure pour envoyer le courant dans le réseau des cloches. Un interrupteur supplémentaire a été placé pour les sonneries non prévues (arrêt des machines) et en cas de non fonctionnement de l'automatique.

FORNARO.

La péréquation des prix du charbon.

Par une note aux consommateurs en date du 8 juin 1920 le Ministère des Travaux Publics fixe comme suit les nouvelles conditions de taxation du charbon :

Les variations des prix des charbons d'importation, des frets et du cours des changes nécessitent la revision des mesures, antérieuremnt prises, pour la péréquation des prix des eharbons.

Cette révision fait l'objet d'une note du Ministre des travaux publics, dont les dispositions entreront en vigueur le 16 juin 1920.

Ces dispositions ne s'appliquent ni aux cokes, fines à coke et charbons pour l'industrie du gaz de toute provenance, ni aux charbons d'importation par mer, utilisés par les chalutiers de la pêche.

I. Charbons français.

Ces charbons seront soumis aux surtaxes suivantes :

a) Charbons destinés aux foyers domestiques. — Ces charbons, au lieu de supporter une surtaxe uniforme de 75 francs par tonne, comme présentement, supporteront une surtaxe égale au prix de vente à la mine. Cette surtaxe sera donc proportionnelle à la qualité.

Il est rappelé que les fournitures destinées aux établissements hospitaliers et de bienfaisance bénéficient du même régime (note ministérielle du 20 mars 1920, n° 90 C/I, insérée au *Journal officiel* du 25 dudit), ainsi que les fournitures aux établissements d'instruction (note ministérielle du 29 avril 1920, insérée au *Journal officiel* du 2 mai 1920);

b) Charbons destinés à tous autres usages. — La surtaxe sur ces charbons, qui est actuellement égale à 160 % du prix de vente à la mine, sera réduite à 150 %.

Les surtaxes sus-indiquées seront perçues par les mines livrancières et versées par elles à la caisse de péréquation.

II. Charbons belges.

Ces charbons seront soumis aux mêmes surtaxes que les charbons français utilisés aux mêmes usages. Ces surtaxes seront perçues par l'offiee des houillères sinistrées, qui est chargé d'opérer la facturation et le recouvrement de ces charbons.

III. Charbons de la Sarre.

Les prix de ees charbons, qui se rapprochent de eeux des charbons anglais, ont fait l'objet du tarif général, arrêté par le Conseil d'administration des mines de la Sarre. Ils sont soumis aux mêmes surtaxes que les charbons français utilisés aux mêmes usages. Ces surtaxes sont perçues par les mines livrancières et versées par elles à la caisse de péréquation.

IV. Charbons allemands.

Ces charbons sont introduits en France, soit par voie de terre, soit par voie maritime

Par mesure de simplification on les divisera en trois catégories :

Menus ou poussier;

Tout-venant à 40, 50 %;

Gailletin, criblé ou briquettes.

Les prix seront les suivants :

Voies de terre. — *a*) Prix des charbons importés par voie de terre. — Suivant qualité : 200, 225 ou 250 fr. sur wagon, frontière germano-française, germano-belge, germano-luxembourgeoise.

b) Prix des charbons importés par Strasbourg, Lauterbourg, Gand. — Mêmes prix que sous la rubrique (*a*), pour les charbons livrés sur wagon, quai du port ou sur péniche de canal, départ des porte.

c) Prix des eharbons importés par Kehl. — Mêmes prix que sous la rubrique (*a*) pour eharbons livrés sur wagon, à l'entrée est du pont de Kehl sur le Rhin.

d) Prix des charbons importés par voie d'eau à Givet. — 225, 230, 255 fr., suivant qualité, sur wagon Givet ou sur péniche flamande, départ Givet.

Voie maritime. — *c*) Expéditions par Rotterdam, par Anvers ou Gand. — Les charbons seront facturés aux mêmes prix que sous la rubrique (*a*) f. o. b. navire de mer Rotterdam. Anvers. En outre, les consommateurs auront à payer le prix du fret jusqu'au port français (*f*) et la constante (*k*) correspondant aux frais divers au port de déchargement et la mise sur wagon.

f) Charbon arrivant en droiture des ports du Rhin, Ruhrort, Duisbourg, etc.

Le prix de ces charbons sera la somme des trois éléments suivants :

a) Prix des charbons f. o. b. Ruhrort, Duisbourg, etc. Mêmes prix que ci-dessus f. o. b. Rotterdam.

b) Prix du fret jusqu'au port français (*f*),

c) Constante correspondant aux frais divers au port de déchargement et mise sur wagon dans les ports français (*k*).

Nota. — L'élément (*f*) sera payé d'après la valeur réelle du fret dûment justifiée.

L'élément (*k*) sera payé à la valeur habituelle pour chaque port français.

g) Briquettes de lignite.

Les briquettes seront payées 50 fr. de moins que les catégories de eharbons menus arrivant par la même voie.

Les prix ei-dessus concernant les charbons allemands importés par voie de terre ne comprennent pas les droits de douane, de statistique, etc., qui restent à la charge des consommateurs.

La même disposition s'applique aux eharbons de la Sarre, à l'exception des droits de douane auxquels ils ne sont plus soumis depuis la mise en vigueur du Traité de paix.

V. Charbons anglais et américains.

La ristourne actuelle de 100 francs par tonne sur le prix de ces charbons est maintenue et elle continuera à être payée aux importateurs trois mois après la réception des charbons, jusqu'à ce que de nouvelles dispositions aient pu être prises afin de réduire ce délai.

VI. Charbons d'importation destinés aux foyers domestiques.

Les charbons anglais, américains et allemands importés par voie de mer et destinés aux foyers domestiques et besoins assimilés, bénéficieront d'une ristourne égale à la différence entre le prix de base forfaitaire, de 225 fr. la tonne pour le tout-venant et le prix de revient sur wagon ou péniche, départ du port d'importation, mais cette ristourne ne pourra dépasser le maximum de 225 francs.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

APPLIQUE POUR LAMPES.

Ce système de lampe est destiné à remplacer les lampes orientables de construction ancienne, et peu commodes. La lampe (fig. 1) montée avec son réflecteur *a*, est supportée par le fil *f* qui sert en même temps de conducteur.

Celui-ci passe dans le tube télescopique *t* et sur les poulies *s*, *s'* et *s''*.

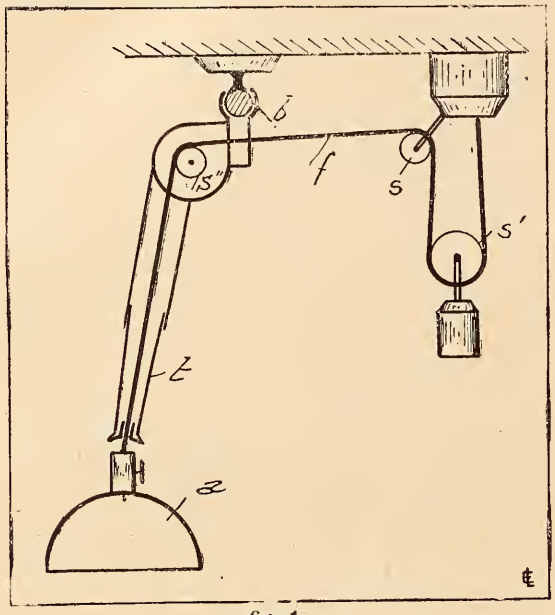


fig. 1.

La poulie *s'* porte un contrepoids et la poulie *s''* est portée par un dispositif *b* à double articulation. — (Br. Fr. 501.042.)

ATTACHE-FILS POUR CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES.

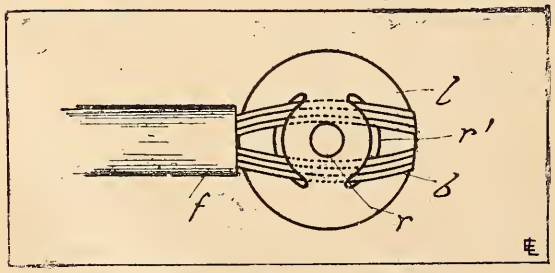


fig. 2.

Cet attache-fils est constitué (fig. 4) par une simple rondelle en matière flexible (laiton ou cuivre) percée d'un trou central *r* et de deux fentes en arc de cercle *r'*.

Les câbles *f* à plusieurs brins sont d'abord dénudés et engagés dans les fentes de la rondelle, comme l'indique la figure.

On assure ainsi un meilleur contact et on facilite la connexion. — (Br. Fr. 501.208.)

INTERRUPTEUR A DOUILLES.

Cet interrupteur (fig. 3) est caractérisé par un dispositif oscillant à disque *a*, fermant ou ouvrant le circuit. A cet effet le disque *a*, placé à l'intérieur de la douille, porte

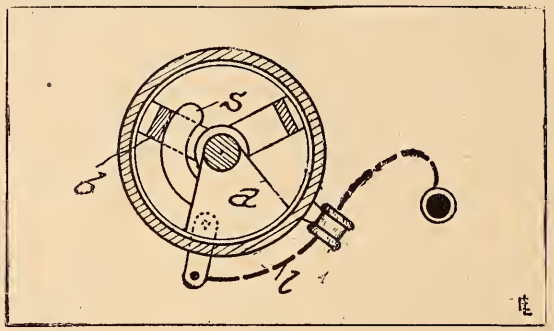


fig. 3.

une lame *s* qui peut venir en contact avec un plot *b*.

Le disque *a* est commandé de l'extérieur par une commande flexible *l*. — (Br. Fr. 500.368.)

PERFECTIONNEMENTS AUX SOUPAPES ÉLECTRIQUES.

Dans les tubes à vide à trois électrodes actuelles. le filament, la grille et la plaque sont disposés dans la même ampoule vide d'air.

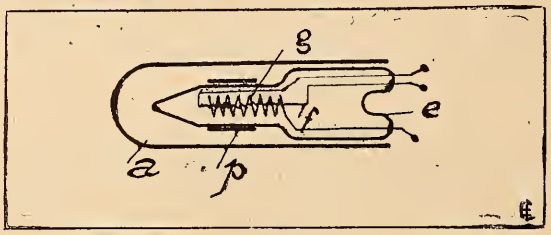


fig. 4.

Pour augmenter la sensibilité et la durée de la lampe, ainsi d'ailleurs que pour en faciliter la construction, le dispositif proposé comporte (fig. 4) une première ampoule *e* contenant le filament *f* et la grille *g*. Cette ampoule est vide d'air et comporte une partie rétrécie, destinée à recevoir extérieurement la plaque *p*.

Pour protéger les divers organes le tout est contenu dans une deuxième enveloppe de verre *a*. — (Br. Fr. 500.376.)

PERFECTIONNEMENTS AUX INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES ACTIONNÉES PAR LE VENT

Dans les installations actuelles on emploie généralement un régleur automatique électrique qui diminue considérablement le rendement. Dans l'invention suivante (fig. 5), l'énergie est récupérée par un poids *p*. Ce poids est actionné par la roue de commande *a*. Quand la vitesse augmente par rapport à celle de la génératrice *r*, l'énergie supplémen-

aire soulève le poids p ; au contraire le poids ; p descendra et deviendra moteur, quand la vitesse diminue. Pour réaliser cette disposition, la roue de commande a doit entraîner deux poulies b et b' par engrenages. Ces deux poulies

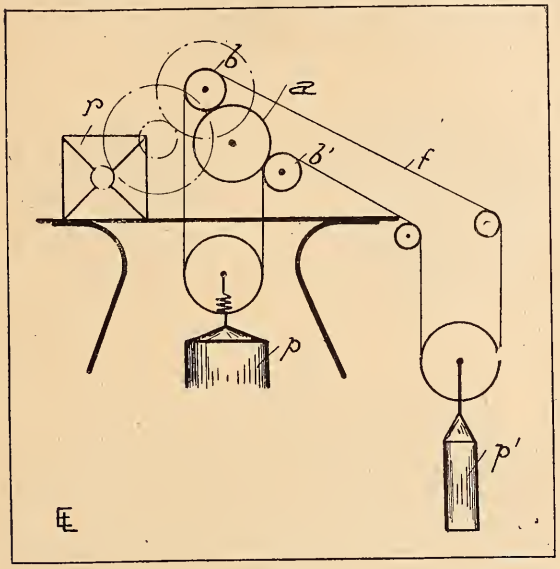


Fig. 5.

ayant même diamètre entraînent un câble sans fin f, qui supporte le poids p et un petit contrepoids p'.

Le système comprend, en outre, un dispositif régulateur agissant sur la position et l'inclinaison des ailes, et un cliquet de ralentissement, quand le poids p atteint les positions extrêmes. (Br. Fr. 501.876.)

SYSTÈME D'ALIMENTATION DIRECTE DES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES EN ÉNERGIE

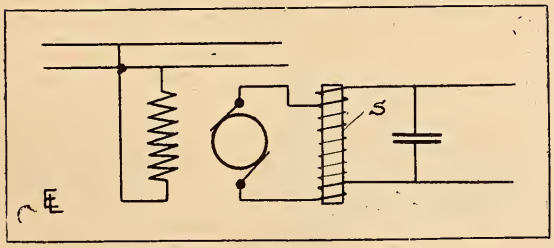


Fig. 6.

L'emploi de génératrices directes produit généralemen des bruits de friture.

On propose ici de construire des génératrices spéciales à excitation indépendante, à maximum d'entrefer et à saturation minimum des dents; on réduirait aussi le nombre de lames du collecteur (fig. 6).

Enfin une self s à circuit magnétique ouvert sera intercalée entre la génératrice et le réseau. Un condensateur pourra être monté en parallèle. (Br. Fr. 502.170).

LAMPE DE POCHE A MAGNÉTO

La lampe de poche représentée, fig. 7, comporte un aimant rotatif b à pôles multiples, se déplaçant devant des bobines a. La commande est effectuée à l'aide d'un bouton-poussoir c fixé à l'extrémité d'une crémaillère c. Un petit

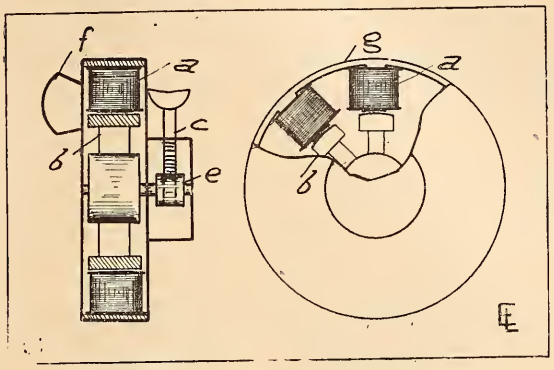


Fig. 7.

pignon e à roue libre entraîne le système sur lequel est monté l'aimant rotatif b. (Br. Fr. 501.853.)

TRANSFORMATEUR POUR SONNERIES ET APPAREILS DIVERS A BASSE TENSION.

Ce transformateur est destiné à abaisser la tension de 110 v./130 v. ou 200/250 volts (25 à 50 p. p. s) à 3, 5, 8 ou 6, 12, 18 volts.

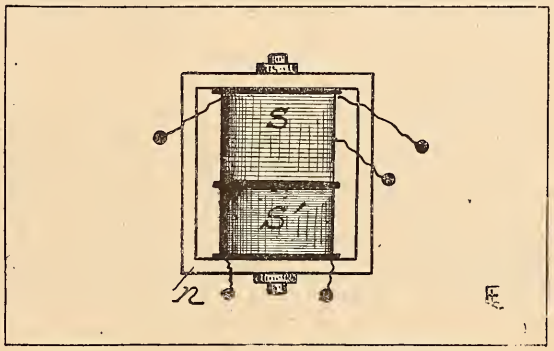


Fig. 8.

Il est formé (fig. 8) de deux enroulements s et s' séparés pour éviter les pertes à la terre et les courts-circuits.

Le circuit magnétique n est formé par des bandes en fer doux assemblées. (Br. Fr. 502.382.) P. M.

ELECTROTYPIE.

Le dépôt d'une couche de métal sur un autre métal pour l'électrotypie, l'impression des ouvrages ou autres est produit électriquement en trois temps. Le métal est en premier lieu déposé avec une très mince couche d'arsenic par dépôt électrique d'une solution préparée avec de l'acide arsénieux, du cyanure de potassium, de la soude caustique et de l'acide acétique; cette couche peut alors être rayée ou divisée : c'est la seconde opération. Une mince couche de nickel est alors déposée pour obtenir une surface dure qui reçoit rapidement un dépôt de cuivre en employant une densité de courant de 200 ampères. (Br. Angl. 137.695.)

MAGNÉTO A DISQUES.

Une magnéto d'allumage ou tout autre générateur comprend (fig. 9) : deux aimants en fer à cheval, A, A fixés à une base B, les pôles adjacents ayant une polarité différente.

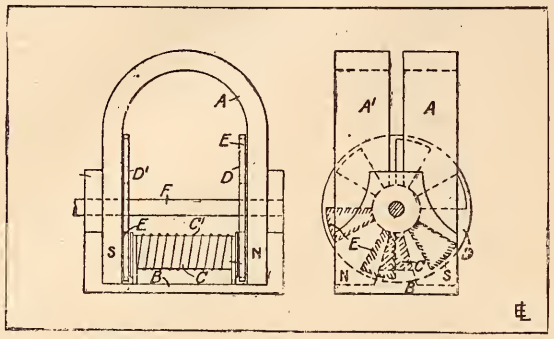


Fig. 9.

Un noyau C portant un enroulement C' et deux disques D D' mobiles autour d'un axe et pouvant tourner entre les pôles et le noyau C. Les disques D D' se composent d'une carcasse non magnétique dans laquelle sont ajustées des plaques de fer ou d'acier E en forme de secteur.

Les pôles de la magnéto et les extrémités du noyau C peuvent aussi être en forme de secteur. (Br. Angl. 135.073).

ENROULEMENTS DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Dans les machines à courant alternatif et particulièrement dans celles qui possèdent un grand nombre de pôles et ont seulement une ou deux encoches par pôle dans l'induit, l'enroulement d'induit a un pas qui diffère légèrement du pas polaire de sorte que dans la force électromotrice induite dans n'importe quel conducteur, il y a une légère différence de phase avec celle induite dans le conducteur suivant et semblablement disposé de l'enroulement de la même phase. Dans la disposition montrée

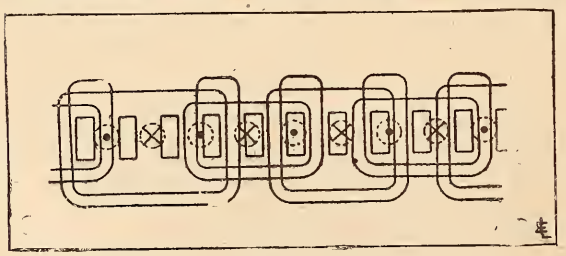


Fig. 10.

sur la figure 10, les conducteurs placés dans les encoches adjacentes sont disposés en série par groupes séparés par une encoche vide. Plusieurs encoches peuvent être laissées vides entre les différents groupes. La différence de phase entre les forces électromotrices induites par les conducteurs placés dans la première et la dernière encoche d'un groupe ne doit pas dépasser 180°. Les groupes de conducteurs peuvent être connectés en série, en parallèle ou en série-parallèle ; il peut y avoir là un léger décalage de phase entre les groupes successifs. (Br. Ang. 136.215)

INTERRUPTEUR ROTATIF POUR MAGNÉTO.

Un interrupteur à contacts pour magnétos et qui tourne avec l'induit comprend (fig. 11) un contact mobile et oscillant en ligne droite en se rapprochant et en s'éloignant

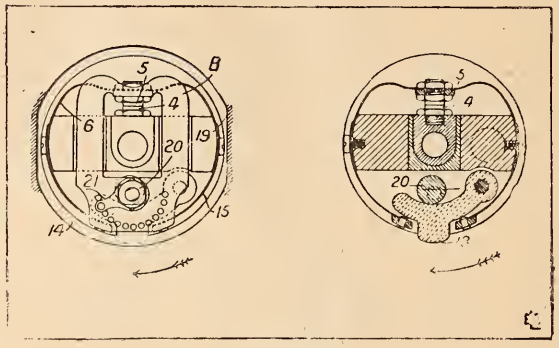


Fig. 11.

successivement du contact 4 relativement fixe. Le contact mobile est porté par un ressort fixé à la came B sur laquelle est montée une excentrique 20. La came fixe 19 se déplace par rapport au cadre par l'intermédiaire d'un levier 18 qui porte sur l'excentrique. Lorsque l'excentrique tourne, les contacts la supportent : un ressort à lame 21 fixé à l'excentrique sert au réglage. Des ressorts 6, 14, 15, comme le montre la figure, peuvent être employés pour contrôler le mouvement du cadre aussi bien que l'on peut employer un ressort unique dans le même but. (Br. Angl. 137.622.)

COUPE-CIRCUIT A MAGASIN DE FUSIBLES.

Un magasin de réserve pour fusibles est disposé (fig. 12) de telle sorte qu'en tournant la tête mobile on mette en service un nouveau fusible. Dans ce dispositif la tête *g*

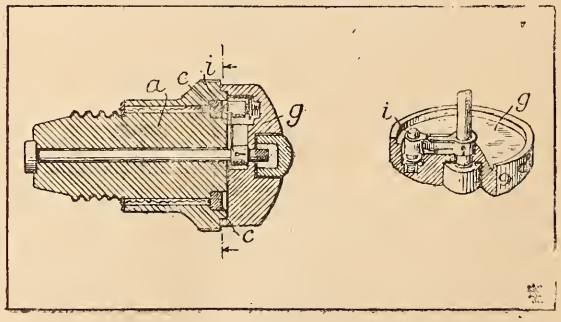


Fig. 12.

est montée de façon à n'avoir aucun mouvement axia par rapport aux bouchons fusibles en réserve *a* ; un contact en forme de broche *i* est monté à glissement dans la tête et est soumis à l'action d'un ressort qui a pour effet de soulever son propre siège sur le fusible terminal fixe C. Afin d'obtenir de légères différences de distance des fusibles terminaux par rapport à l'axe, le manchon dans lequel le contact en forme de broche glisse est monté à pivot sur la partie tournante. (Br. Angl. 137.793.)

M. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des MENTIONS seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

SOMMAIRE : *Électromagnétisme (suite). — Exercice d'application. — Problèmes proposés aux lecteurs. — Solutions des problèmes de la 9e série.*

APPLICATIONS

Exercice.

Détermination d'un électro-aimant.

On veut soulever, à l'aide d'un électro-aimant, une charge de 400 kilos; on demande de calculer les dimensions principales à donner à cet électro-aimant pour qu'avec un courant de 5 ampères, on puisse soulever la charge indiquée. On adopte, pour le noyau, la forme d'un fer à cheval, comme l'indique la figure ci-contre et une induction de 16.000 unités.

Solution.

Section et diamètre du noyau.

Comme nous l'avons dit, nous adopterons une induction de 16.000 unités et un noyau en acier doux.

La relation $B^2S = 8\pi P$ nous donnera :

$$S = \frac{8\pi P}{B^2}$$

Le kilogramme correspondant à 981.000 dynes et B étant pris égal à 16.000, on a :

$$S = \frac{8 \times 3{,}14 \times 400 \times 981.000}{16.000^2} = 38 \text{ cm}^2, 50.$$

Comme nous avons adopté la forme en fer à cheval, nous aurons deux surfaces portantes, qui sont les extrémités A et B du noyau (voir fig.); nous pourrons ainsi prendre une section moitié moindre pour chaque noyau, soit 19 cm², 25.

Le diamètre du noyau sera alors de

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 19{,}25}{3{,}14}} = 4{,}9 \text{ centimètres environ.}$$

Nous prendrons des noyaux de 50 millimètres de diamètre.

Détermination des ampères-tours N. I.

A l'induction B = 16.000 unités correspond, d'après les tables du paragraphe 38, une perméabilité de μ = 250 environ.

Le flux, comme nous l'avons vu, étant :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{10\,l} \times \mu s,$$

on aura :

$$N\,I = \frac{10\,Bl}{4\pi\mu}$$

Nous connaissons l'induction B et la perméabilité μ, il nous manque la longueur l du noyau.

Cette longueur se détermine par des relations entre les différentes dimensions de l'appareil et de considérations dans le détail desquelles nous n'entrerons pas ici.

Supposons donc que l'épure obtenue de l'électro-aimant donne une longueur moyenne l du noyau de 510 millimètres, on aura :

$$N\,I = \frac{10 \times 16.000 \times 51}{4 \times 3{,}14 \times 250} = 2.600$$

qui est le nombre d'ampères-tours nécessaires pour obtenir l'induction de 16.000 unités dans le noyau.

Détermination des bobines.

Nous avons admis un courant de 5 ampères, le nombre total de spires sera donc de

$$N = \frac{2600}{5} = 520$$

et le nombre de spires dans chaque bobine sera de

$$\frac{520}{2} = 260,$$

puisque le dispositif d'électro-aimant que nous avons adopté comporte deux bobines.

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS.

10e *Série.*

Problème 37. — Un circuit magnétique fermé constitué par un noyau en fer forgé, de section circulaire, a un diamètre de 53 millimètres et une longueur de 332 millimètres.

On veut qu'un flux de 396.000 unités circule dans ce circuit.

On demande d'exprimer la réluctance du circuit magnétique ainsi constitué.

Problème 38. — Dans le problème précédent, quelle doit être la valeur de la force magnétomotrice pour que le flux ait la valeur indiquée?

Problème 39. — Dans un appareil comportant un circuit magnétique à entrefer, le flux dans le noyau de fer est de 200.000 unités C. G. S. On demande de calculer l'importance du flux perdu dans l'air si l'on suppose que le coefficient d'Hopkinson de cet appareil est de 1,2.

Problème 40. — Dans un circuit magnétique formé d'un noyau de fer de 1 mètre de longueur et de 1 décimètre carré de section, existe un entrefer de même section.

Sachant que la perméabilité du fer employé est de 1.000, on demande de déterminer la longueur qu'il faut donner à l'entrefer pour que sa réluctance soit égale à celle du noyau de fer.

Problème 41. — On veut soulever, à l'aide d'un d'un électro-aimant, une charge de 100 kilos, en employant un noyau de fer dans lequel on veut que le flux ne soit pas supérieur à 200.000 unités.

Quelle section faut-il donner au noyau de cet électro-aimant pour soulever la charge indiquée?

SOLUTIONS DES PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS

9e Série.

Problème 32. — *Une bobine ayant un diamètre intérieur de 74 millimètres produit un flux de 430.000 unités. On demande de calculer la valeur du champ produit par cette bobine.*

Problème 32. — *Solution.*

Nous avons vu que l'induction est donnée par la formule $B = \frac{\Phi}{S}$. Nous avons vu aussi que lorsqu'on qu'on connaît le champ H et la perméabilité μ, l'induction est exprimée par :

$$B = \mu \times H,$$

nous avons donc :

$$\frac{\Phi}{S} = \mu \times H.$$

Or, ici, la valeur de la perméabilité est celle de l'air, c'est-à-dire 1, on aura donc

$$H = \frac{\Phi}{S}$$

La valeur du champ sera donc, dans le cas qui nous occupe, avec une section $S = \frac{\pi \times 7{,}4^2}{4} =$ = 43 centimètres carrés à peu près.

$$H = \frac{430.000}{43} = 10.000 \text{ unités.}$$

Problème 33. — *Une bobine est formée de 830 spires parcourues par un courant de 10 ampères. On obtient avec ce courant, dans le noyau en fonte de la bobine, qui a un diamètre de 86 millimètres et une longueur de 290 millimètres, une perméabilité de 30.*

Après avoir enlevé le noyau, on réduit le courant au quart de sa valeur. On demande de calculer la valeur du flux produit dans la bobine?

Problème 33. — *Solution.*

Le flux se calcule, comme nous le savons, à l'aide de la formule

$$\Phi = \frac{4\pi \text{ NI}}{10\ l} \times \mu \text{ S}.$$

Après avoir enlevé le noyau, la perméabilité μ devidnt égale à 1, celle de l'air, et la nouvelle valeur Φ' du flux est donc :

$$\Phi' = \frac{4\pi \text{ NI}}{10\ l} \times \text{S}.$$

Si l'on réduit maintenant le courant au 1/4 de sa valeur, il n'a donc plus qu'une intensité de :

$$\frac{10}{4} = 2{,}5 \text{ ampères.}$$

Il suffit alors d'utiliser ces nouvelles valeurs et de les porter, avec les autres données du problème, dans la formule du flux ci-dessous. On aura donc

$$\Phi' = \frac{4 \times 3{,}14 \times 830 \times 2{,}5}{10 \times 29} \times 58 = 5.210 \text{ unités}$$

à peu près, puisque $l = 29$ centimètres et $S = 58$ centimètres carrés.

Problème 34. — *Quelle aurait été la valeur de l'induction dans le noyau de fonte de la bobine précédente si l'on n'avait pas réduit le courant et si l'on suppose que la perméabilité du noyau est restée constante.*

Problème 34. — *Solution.*

A cause de la présence, ici, du noyau de fonte de la bobine, il faut tenir compte de la perméabilité de ce noyau, qui est, dans le présent cas, de $\mu = 30$, pour la qualité de fonte employée.

Dans le cas précédent, on avait, en effet $\Phi' = \frac{\Phi}{\mu}$

on a donc à présent :

$$\Phi_1 = \Phi' \times \mu_1$$

D'autre part, on voit, par la formule générale du flux

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{10\ l} \times \mu S,$$

que si l'on multiplie par 4 l'intensité I du courant, il en sera de même du flux Φ. Par conséquent, si l'on rétablit le courant dans sa valeur I = 10 ampères, le flux Φ′ sera multiplié par 4, si l'on suppose que la perméabilité du noyau est restée constante.

En résumé, le flux sera :

$$\Phi = \Phi' \times \mu \times 4,$$

c'est-à-dire, si nous utilisons la valeur Φ′ déjà obtenue Φ′ = 5.210,

$$\Phi = 5.210 \times 30 \times 4$$

ou

$$\Phi = 5.210 \times 120.$$

Ainsi, le flux sera devenu 120 fois plus grand que précédemment. La valeur sera donc :

$$\Phi = 625.200 \text{ unités.}$$

L'induction est donnée par la formule :

$$B = \frac{\Phi}{S},$$

ici, S = 58 centimètres carrés, on a donc :

$$B = \frac{625.200}{58} = 10.780 \text{ unités à peu près.}$$

Problème 35. — *Quel diamètre intérieur faudrait-il donner à une bobine pour que le flux obtenu eût la même valeur que le champ dans cette bobine.*

Problème 35. — *Solution.*

Nous avons déjà vu qu'il existe entre le flux Φ et le champ H la relation : $\Phi = H \times S$.

Pour réaliser la condition de même valeur du flux Φ et du champ H, il suffira d'écrire la formule sous la forme

$$H = H \times S$$

on voit alors que S = 1, c'est-à-dire 1 centimètre carré.

Donc, pour réaliser la condition d'égalité de flux et de champ dans une bobine, il suffira de lui donner une section intérieure de 1 centimètre carré.

Le diamètre correspondant sera de 1 centim. 13, soit 11 millimètres environ.

Problème 36. — *Un anneau en fer doux feuilleté présente un diamètre intérieur de 0m,80 et un diamètre extérieur de 1m,20.*

On demande de calculer le nombre d'ampères-tours qu'il faudra enrouler sur ce noyau pour obtenir un flux de 62.800.000 unités et de façon que le fer du noyau ne soit pas soumis à une induction supérieure à 10.000 unités.

Problème 36. — *Solution.*

Le nombre d'ampères-tours se déduit de la formule :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{10\,l} \times \mu S,$$

de laquelle on tire, en effet,

$$NI = \frac{10\,l\,\Phi}{4\pi \times \mu S}.$$

Il nous faut calculer la longueur moyenne l du noyau et la section du fer.

Calcul de l. — Le diamètre moyen du noyau est :

$$\frac{120 \times 80}{2} = 100 \text{ centimètres.}$$

La longueur l a donc pour valeur :

$$\pi D = 3{,}14 \times 100 = 314 \text{ centimètres.}$$

Calcul de la section S. — Cette section est la différence des cordes de diamètres ou de rayons 60 et 40 centimètres, on a donc :

$$S = \pi (60^2 - 40^2) = 6.280 \text{ centimètres carrés.}$$

Calcul du nombre d'ampères-tours N I. — Nous possédons tous les éléments qui entrent dans la formule du calcul des ampères-tours NI ; le seul qui nous manque est la valeur de la perméabilité μ.

Mais, connaissant l'induction, la table des caractéristiques du fer feuilleté nous donnera la valeur de la perméabilité correspondant à l'induction $B = 10.000$, nous voyons que c'est $\mu = 3.200$.

Nous aurons donc :

$$NI = \frac{10 \times 314 \times 62.800.000}{4 \times 3{,}14 \times 3.200 \times 6.280} = 781.$$

soit 780 ampères-tours en chiffres ronds. Tel est le nombre d'ampères-tours répondant aux conditions posées.

R. Sivoine.
Ingénieur E. T. F.

NOTRE CONCOURS

Nous prions nos lecteurs qui nous envoient les solutions des problèmes de vouloir bien, afin d'éviter des erreurs qui peuvent leur être préjudiciables :

1° Adresser leurs envois à l'*Electricien*, sans désignation personnelle ;

2° Ne porter qu'une série de problèmes sur la même feuille.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 104. — Existe-t-il un moyen de supprimer l'induction entre fils dans une installation privée de téléphones à intercommunication, postes à circuit secondaire et boutons à déclanchement automatique.

L'installation dont il s'agit a été faite avec du câble sous plomb ordinaire, non antiducteur, que l'on voudrait conserver, le fil partant du zinc de la pile d'appel étant commun pour l'appel et la conversation.

Quel changement y aurait-il lieu de faire ?

N° 105. — Abonné demande à ce qu'on lui cède ou lui prête le n° 1241 du 30 novembre 1919, manquant à sa collection et épuisé en librairie. Dans le cas de prêt, le numéro serait retourné dans la quinzaine sans faute, à l'envoyeur, M. Moutet, 96, boulevard Rochechouart, Paris, 18e.

N° 106. — Dans la réponse à un abonné demandant comment utiliser de jour la force de sa turbine il est question de la fabrication des gaz hydrogène et oxygène (système Zorzi): me trouvant dans le même cas que lui et pouvant disposer de jour d'une puissance de 60 chevaux, où pourrais-je obtenir de plus amples renseignements sur ce système, existe-t-il des ouvrages traitant de la question ? Pourrais-je aussi avec cette puissance envisager la fabrication d'autres produits par électrochimie (chlore, soude, chlorure de sodium, etc.), ou en électrothermochimie la fabrication de produits tels que carbures, phosphores, etc., fixation de l'azote atmosphérique.

N° 107. — Le groupement des condensateurs en batterie donne une capacité proportionnelle au nombre de condensateurs.

1° Le groupement en cascade augmente-t-il aussi la capacité ? Et dans quelles proportions ? Quelle est la différence entre les deux groupements ?

2° Peut-on, sans changer la capacité, supprimer une des deux armatures en contact dans le groupement en cascade ?

3° La différence entre trois montages (batterie et cascade) change-t-elle quelque chose à la réception en T. S. F. ?

N° 108. — Auriez-vous l'obligeance de me donner la formule me permettant de calculer la surface totale des 2 armatures d'un condensateur pour obtenir une capacité donnée en microfarads?

Si je monte un condensateur semblable à celui du schéma, la capacité sera-t-elle donnée : 1° par la surface totale des lames ou 2° par la surface totale des lames paires ou 3° par la surface totale des lames impaires?

2° Y a-t-il avantage à relier entre eux les fils d'antennes opposés à l'entrée du poste ?

N° 109. — Je voudrais, si c'est possible, que quelqu'un me donne un schéma d'amplificateur détecteur à 3 lampes monté avec résistances et permettant de recevoir les amorties et les entretenues. Je ne puis disposer de transformateurs.

N° 110. — Voulant savoir la puissance de plusieurs moteurs électriques, pourrait-on me donner quelques renseignements sur la réalisation pratique d'un frein de Prony et la façon de s'en servir ?

2° Existe-t-il un moyen autre que d'intercaler une résistance sur les inducteurs, pour diminuer de moitié la vitesse d'un moteur de 3 HP 110 volts tournant à 1500 tm ?

Le moteur est shunt et bipolaire.

N° 111. — J'ai installé un petit transformateur 110 v. 24 v. pour appels de téléphones à batterie centrale.

Normalement l'éclairage de l'établissement se fait en courant alternatif, mais lorsque, pour cause de réparations sur les lignes, le secteur nous coupe ce courant, nous avons le continu comme secours.

Or, en faisant ce changement, je ne pense pas chaque fois à mettre ce petit transformateur hors circuit.

Une première fois, j'ai mis un fusible plomb de 5/10e, ce qui n'a pas empêché le transformateur de brûler.

Une deuxième fois, j'ai mis un petit condensateur de 2 microforads en série avec mon transformateur, je n'ai pas obtenu de meilleur résultat.

N° 112. — La boulangerie coopérative de Gommegnies (Nord), cuisant 2.000 kilos de pain par jour, désirerait recevoir renseignements, études ou offres de service pour chauffage continu par l'électricité du four de boulangerie ainsi que pour la production, par installation particulière à étudier, de l'énergie nécessaire à l'électrification totale de ses services (cuisson du pain, force motrice, éclairage, chauffage de locaux).

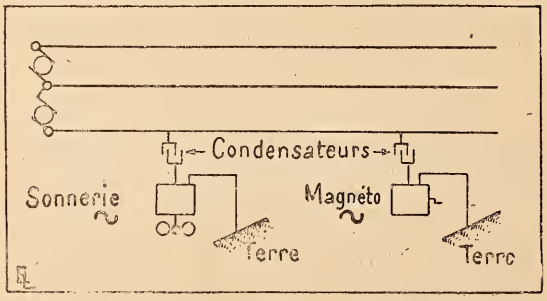
RÉPONSES

N° 90 R. — S'agit-il de courant continu ou de courant alternatif ?...

Dans la première hypothèse, il faut barrer le chemin au courant continu au moyen d'un condensateur et envoyer en ligne du courant alternatif qui traversera le condensateur et actionnera le sonnerie.

Dans la seconde, il faut barrer le chemin au courant alternatif au moyen d'une bobine de self et envoyer du courant continu qui traversera cette dernière et actionnera la sonnerie.

Ces montages sont à faire entre un fil et la terre comme schéma ci-desous, par exemple (courant continu).



N° 97 R. — Le traducteur automatique employé actuellement est le *Creed*, décrit dans le numéro de septembre 1919 des *Annales des P. T. T.* (8e année, n° 3, page 327; Dumas, éditeur, 6, rue de la Chaussée d'Antin, Paris, 9e) On peut s'adresser au *Post Office*, à Londres. P.

N° 111 R. — Le transformateur a pu, évidemment, griller la première fois, mais il semble étonnant que vous n'ayez pas obtenu de meilleurs résultats avec un condensateur.

Il y aurait lieu de recommencer les essais avec des capacités différentes.

En tous cas, le seul dispositif de protection à employer serait un petit disjoncteur à minima et à *constante de temps très faible*. Il faudrait alors le réenclencher quand le courant alternatif est rétabli.

P. Maurer.

N° 107 R. — N° 108 R. — La note publiée dans le présent numéro, p. 278, répond à vos demandes.

Le Gérant : L. De Soye.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, Ve.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1256. 15 Juillet 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.

Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien ;

Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L. ;

Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;

Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat ;

Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens ;

L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique ;

Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways ;

MM.

Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers ;

Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat ;

Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin ;

Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique ;

Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien ;

Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans ;

Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. *Tél.* : GOB. 19-38 et 53 01

A nos lecteurs et amis.

Il y a un an, L'ELECTRICIEN *annonçait à ses lecteurs la reprise de sa publication, commencée trente-cinq ans auparavant, au début de l'industrie électrique et que seule la guerre avait interrompue.*

Dans **NOTRE PROGRAMME**, *nous avons exposé que nous entendions adapter notre Revue aux conditions nouvelles de la vie économique et que nous tenions avant tout à en faire une* **REVUE PRATIQUE**, *industrielle, rédigée par et pour les praticiens de l'Electricité.*

Nous pouvons aujourd'hui jeter un regard sur le chemin parcouru depuis un an. Nos anciens lecteurs, nos abonnés qui nous sont revenus fidèles dès le premier appel, savent que le succès a répondu largement à nos efforts et dépassé nos espérances.

Nous disions alors : « Nous voulons que notre publication pénètre dans tous les milieux, qu'elle ait sa place dans le bureau d'études comme dans l'atelier... »

Ce but a été rapidement atteint, et nous pouvons dire aujourd'hui avec fierté que L'ELECTRICIEN *est la revue d'électricité la plus répandue et surtout* la plus lue. *Cette dernière constatation, maintes fois répétée par la correspondance et par nos entretiens avec nos lecteurs, prouve que nous nous sommes engagés dans la bonne route. Cette voie n'est certes pas la plus aisée, la pratique est semée d'écueils que la théorie néglige trop souvent.*

Nous publions aujourd'hui les noms des personnalités qui ont bien voulu, approuvant complètement notre programme, constituer le Comité de Patronage et de Rédaction de L'ÉLECTRICIEN*; qu'ils trouvent ici l'expression de toute notre reconnaissance. Parmi eux, nos lecteurs retrouveront avec plaisir des Ingénieurs éminents, qui leur ont déjà donné, en un langage compris de tous, maints aperçus de sujets quelquefois complexes, mais toujours en relation avec la pratique industrielle.*

La faveur qui a accueilli nos Notes et notre Enseignement pratique nous a prouvé l'utilité de ces rubriques Nos lecteurs nous ont adressé des demandes de renseignements de plus en plus nombreuses, dont la « Tribune des abonnés » n'est qu'un écho, car nous avons répondu directement à quantité de questions techniques ou commerciales. Souvent même ces demandes ont servi de sujet à des Notes ou articles de nos collaborateurs.

Ce contact permanent avec nos abonnés nous permet ainsi de répondre à la confiance que nous témoignent nos lecteurs. Nous les remercions de cette confiance. Nous continuerons à la mériter et nous demandons à tous nos amis de répandre L'ÉLECTRICIEN *autour d'eux, dans l'intérêt de ce développement professionnel dont nous sommes tous les artisans.*

LA RÉDACTION

ÉLECTRIFICATION GÉNÉRALE

++++++++++

Les usines d'électricité de la région parisienne

LA SUPERCENTRALE DE GENNEVILLIERS

++++++++++++++++

Dans la première partie de cette étude, parue dans le précédent numéro de l'Electricien, *nous avons indiqué la situation et l'importance des différentes usines qui alimentaient les divers secteurs de la région parisienne. Nous allons examiner maintenant les mesures envisagées par un programme d'ensemble, comprenant notamment l'établissement d'une supercentrale à Gennevilliers.*

Il convient de remarquer que la clientèle des différents secteurs est extrêmement importante et que les besoins à satisfaire, correspondant à un débit considérable d'énergie, assureront immédiatement un plein rendement aux installations nouvelles du Petit-Gennevilliers.

Voici, en chiffres ronds, la production annuelle de chacune des usines, auxquelles sera substituée l'usine de Gennevilliers :

Energie électrique de la région parisienne :

Nanterre.....	50.000.000	kw-h.	(en 1918)
Issy-les-Moulineaux.	50.000.000	—	(prévue)
Triphasé :			
Asnières.....	80.000.000	—	(en 1918)
Est-Lumière :			
Alfortville.....	35.000.000	—	(en 1918)
Ouest-Lumière :			
Puteaux.....	90.000.000	—	(en 1918)

La puissance produite aux pointes les plus fortes a atteint 12.000 kilowatts (en 1918) à Nanterre, 28.000 kilowatts (en 1918) à Asnières.

Ces deux centrales ont fourni respectivement, aux usines de guerre, 28 millions et 150 à 200 millions (évaluation approximative de kilowatts-heure).

Supercentrale de Gennevilliers.

Cette usine nouvelle, aménagée au bord de la Seine et raccordée au chemin de fer de Paris à Mantes et Pontoise par Argenteuil, aura au début une puissance installée de 200.000 kilowatts. Cette puissance pourra être portée ultérieurement à 300.000 kilowatts.

Elle sera constituée par des turbo-alternateurs de 35.000 kilowatts chacun.

La vapeur sera produite par des chaudières Babcock et Wilcox marines de 1.350 m² de surface de chauffe chacune (1). Chaque générateur comportera trois grilles mécaniques soufflées, chaque grille ayant une surface de 10$^{m^2}$;

Un surchauffeur de 552$^{m^2}$ de surface de chauffe;

Un économiseur de 480 tubes;

Un réchauffeur d'air de 1.000$^{m^2}$ de surface.

Les générateurs seront groupés 4 par 4 pour le tirage (système Prat).

La plupart des centrales actuelles étant aménagées en usines de réserve, l'ensemble pourra produire, dès les premières années, 700 millions de kilowatts-heure par an.

Les premiers travaux sont commencés depuis le début de l'année. On compte mettre l'usine en service pour le 1er janvier 1922.

Autres usines de la région parisienne.

Nous avons laissé de côté l'usine de Bercy, appartenant à la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris, et celle de Vitry, des tramways de l'Est-Parisien. Leur destination spéciale les classe en dehors des centrales précédentes.

L'usine de Bercy, installée en 1900, pour alimenter le réseau métropolitain, n'a jamais été agrandie et l'énergie électrique supplémentaire nécessaire au fur et à mesure de l'extension du

(1) Les plus grandes chaudières de ce type, installées jusqu'à présent ne dépassaient guère une surface de chauffe individuelle de 550 m² (usine de Vitry : 23 chaudières de 576 m², usine de Newcastle : 8 chaudières de 535 m²).

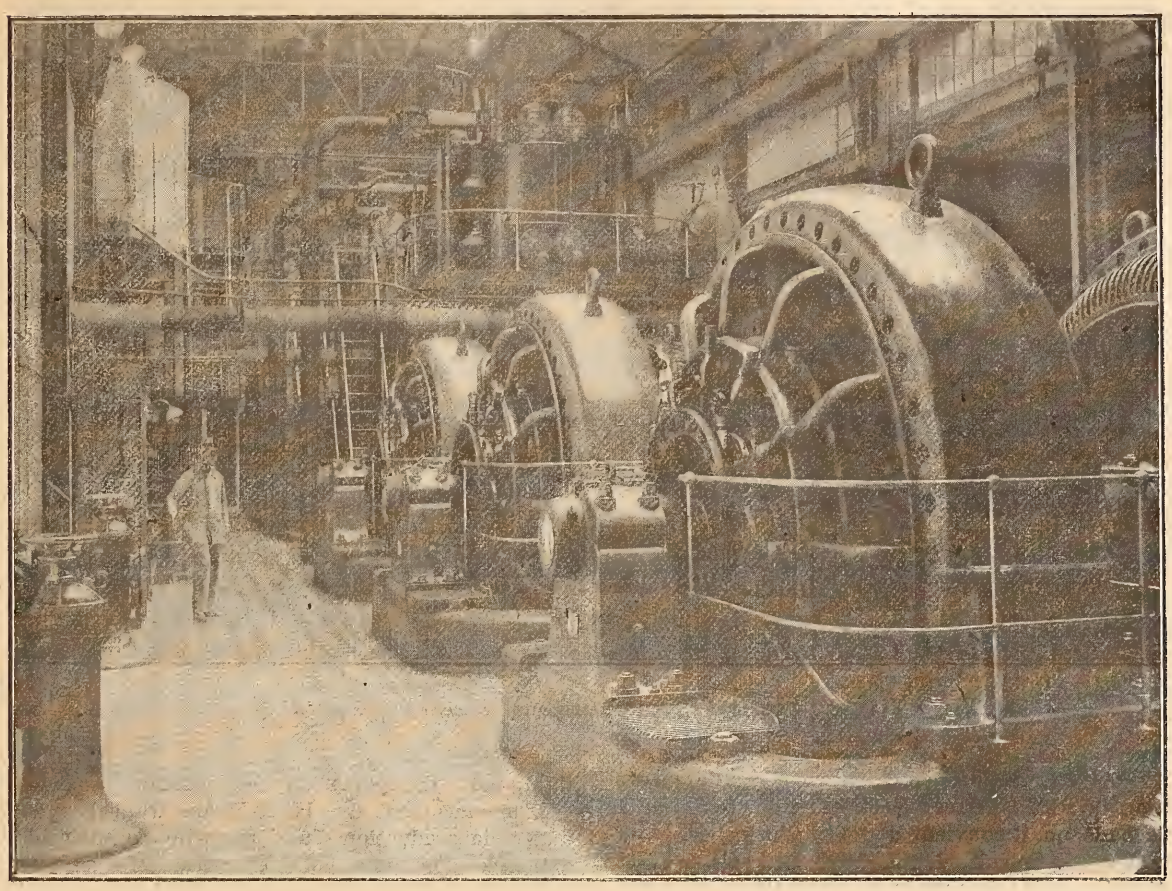


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la sous-station Trudaine, à Paris
(3 groupes convertisseurs de 1.200 kw.)

réseau a été demandée à la Société d'électricité de Paris.

Elle a une puissance totale de 14.400 kilowatts, répartie en 8 groupes verticaux produisant des courants triphasés, 5.000 volts, 25 p : s :

1 machine Corliss-Alsacienne, alternateur Schneider, de 2.100 kilowatts ;

3 machines Corliss-Schneider, alternateur Thomson, de 2.100 kilowatts.

4 machines Corliss-Schneider, alternateur Schneider, de 1.500 kilowatts.

La puissance maximum de l'usine de Bercy a atteint aux pointes 11.500 kilowatts.

La quantité annuelle d'énergie qu'elle a produite s'est élevée au cours des dernières années aux valeurs suivantes :

1905.....	40.120.000	kw-h.
1913.....	52.230.000	—
1914.....	42.385.000	—
1915.....	35.790.000	—
1916.....	38.374.000	—
1917.....	47.042.000	—
1918.....	44.156.000	—
1919.....	47.186.000	—

Elle a fourni, au cours des années 1916 à 1918, une puissance moyenne de 3.000 kilowatts à diverses usines travaillant pour la défense nationale.

L'usine des tramways de l'Est-Parisien, à Vitry, a une puissance totale installée de 6.400 kilowatts, fournie par 8 alternateurs triphasés de 800 kilowatts, 5.000 volts, 25 p : s. Ces courants alternatifs sont transformés en courant continu à 600 volts par 6 sous-stations, dont la puissance varie de 750 à 2.100 kilowatts.

Pendant la guerre, l'usine de Vitry fournissait pour les besoins de la défense nationale, par l'intermédiaire de la sous-station de Bagnolet, une puissance moyenne de 900 kilowatts, pendant 24 heures par jour.

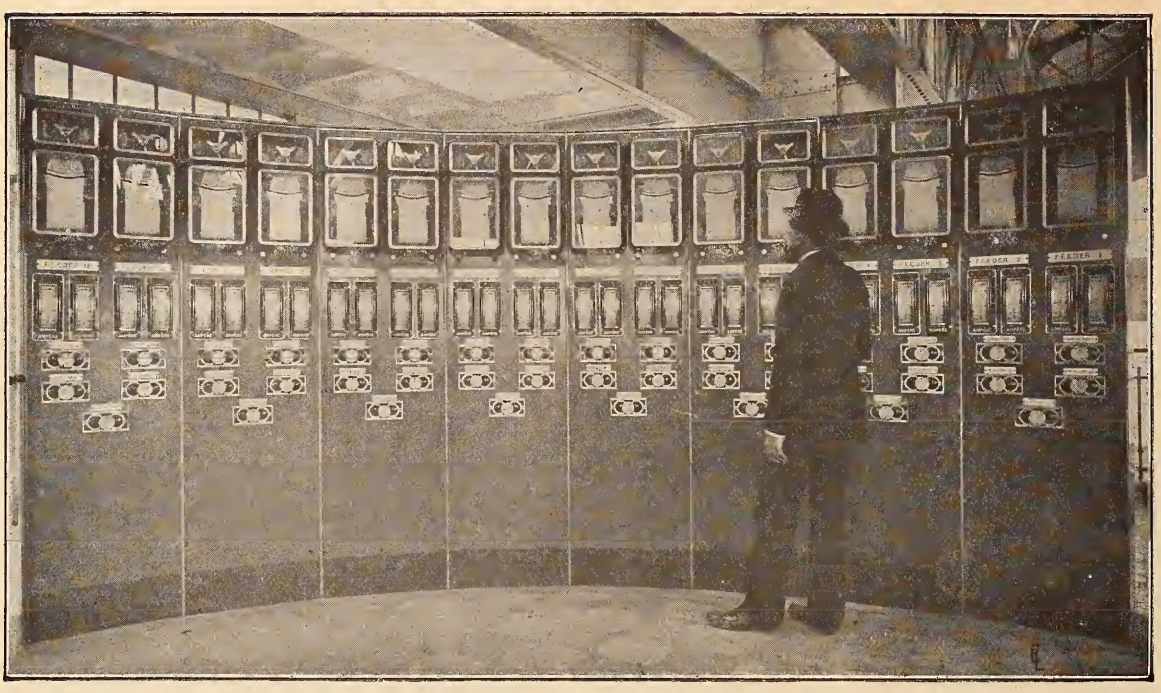


Fig. 2. — Usine d'Issy-les-Moulineaux. Tableau des feeders.

Pour être complet en ce qui concerne l'alimentation des voies ferrées électriques de Paris et de la banlieue, il convient d'ajouter l'usine de Montrouge qui fournit, depuis 1899, l'énergie à la section électrifiée du chemin de fer de Paris à Arpajon.

IV. — ADDUCTION A PARIS DE L'ÉLECTRICITÉ DES DÉPARTEMENTS

Nous avons montré, dans l'exposé qui précède, l'état actuel de la production de l'énergie électrique nécessaire aux besoins de l'agglomération parisienne.

La C. P. D. E. et la Société d'électricité de Paris, avec leurs grandes usines de Saint-Ouen, d'Issy-les-Moulineaux et de Saint-Denis, alimentent la capitale, tandis que les nombreuses autres usines d'importance variable satisfont aux demandes de la banlieue. La plupart de ces dernières centrales vont d'ailleurs être remplacées par une supercentrale, qui comptera parmi les plus grandes usines du monde, et elles seront réduites au rôle d'usines de réserve.

Bien avant la guerre, on avait également songé à utiliser les forces du Rhône et, depuis quelques années, on a posé la question de l'emploi des forces du Rhin et de la production de l'énergie électrique sur le carreau des mines de houille ou à proximité d'un port d'importation des charbons anglais,

L'aménagement du Haut-Rhône français permettra la production d'une quantité considérable d'énergie dont une notable partie sera amenée jusqu'à la région parisiennne. Dès 1906, MM. André Blondel, Harlé et Mæhl préconisaient la création d'une usine hydro-électrique de 240.000 kilowatts et la construction de lignes aériennnes à 120.000 volts entre le Rhône et Paris. Ces lignes établies suivant deux itinéraires différents pour augmenter la sécurité d'exploitation, comprendraient chacune trois câbles d'aluminium de 20 mm de diamètre environ, portées par des pylônes métalliques à une hauteur minimum de 12 mètres au-dessus du sol.

Le retour de l'Alsace à la France a entraîné la mise à l'ordre du jour de la question de l'utilisation des forces hydrauliques du Rhin. On a proposé l'établissement du *grand canal d'Alsace* entre Bâle et Strasbourg, sur la rive gauche du Rhin. Une usine hydro-électrique correspondrait à chacune des 8 ou 10 écluses nécessaires pour assurer la navigabilité de ce parcours, en même temps que l'utilisation convenable d'une force motrice considérable. On pourrait, en effet, disposer ainsi de 720.000 à 750.000 chevaux pendant la période d'eaux moyennes, soit pendant les deux tiers de l'année. On a, dès maintenant, prévu qu'une partie de cette

énergie serait réservée à la région parisienne. L'utilisation du Rhin avait été soigneusement étudiée avant la guerre par les Allemands et leurs projets ont été repris et développés par les ingénieurs français.

Dans le Nord de la France, on a décidé la construction d'un réseau à 45.000 volts, assurant la liaison entre elles des diverses centrales de la région. Ces usines sont établies sur les houillères mêmes. Une ligne à 90.000 volts, dont la construction est commencée, réunira le réseau à 45.000 volts du Nord à la région parisienne, en partant de Pont-à-Vendin et Douai, pour passer par Arras, Albert, Montdidier et Creil.

De la sorte, les usines du Nord pourront alimenter la région parisienne en cas de besoin, ou même de manière normale, si l'on décide l'installation sur le carreau des mines de houille, d'une puissante centrale réservée aux besoins de la capitale et de sa banlieue. Inversement, les usines parisiennes pourront venir en aide aux centrales du Nord, si la nécessité s'en fait sentir.

Dans le même ordre d'idées, il y a lieu de mentionner les propositions d'un ingénieur distingué, M. L. Neu, ancien élève de l'Ecole polytechnique, qui préfère voir ériger les usines thermiques de production là où l'on peut se procurer facilement le combustible nécessaire à leur fonctionnement. M. Neu préconise la création d'une puissante usine à Rouen, où arrive le charbon anglais, ou sur les charbonnages du Pas-de-Calais. Cette manière de procéder supprimerait les inconvénients qui résultent du transport du charbon depuis la mine jusqu'au lieu d'utilisation et nécessiterait seulement la construction d'une ligne à haute tension entre l'usine et la région à desservir. Elle aurait d'ailleurs également des avantages au point de vue des prix de revient de l'énergie par l'un ou l'autre procédé.

M. Neu a suggéré également l'idée d'établir aux environs même de Douvres une supercentrale, qui enverrait son énergie par câbles sous-marins jusqu'à Calais, d'où elle serait ensuite amenée aériennement jusqu'à la région de Lens, Lille, Saint-Quentin, Amiens, etc., soit 200 à 250 kilomètres de la centrale.

Il ne semble pas que, pour le moment, ces idées aient reçu toute la considération qu'elles peuvent mériter. Mais il est dès maintenant certain que la région parisienne, pourvue de plusieurs grandes usines électriques, dont une supercentrale ultramoderne, et reliée aux grandes usines projetées ou en cours d'installation dans le Nord, sur le Rhin et sur le Rhône, disposera de ressources considérables pour le développement des distributions d'énergie électrique, au plus grand profit de l'industrie et de la population desservie.

Lucien Pahin, *Licencié ès-sciences.*

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Cabine blindée pour commandes

A HAUTE TENSION

Parmi les problèmes les plus importants qui se sont posés pour le relèvement rapide de nos industries en général, un des plus urgents avait trait à la reconstitution de nos mines et industries métallurgiques du Nord et du Nord-Est de la France. Les ingénieurs et constructeurs ont eu, pour le résoudre, à étudier et à mettre au point des appareils de tout genre qui devaient répondre aux exigences du moment, c'est-à-dire à des conditions d'exploitation souvent très spéciales. Nous pensons qu'il est intéressant de décrire ici un modèle de cabine blindée créé en vue de son emploi dans les mines et qui a été adopté par le groupement pour la reconstitution des houillères libérées.

Cette cabine, destinée à la commande de moteurs à haute tension, peut être utilisée non seulement dans le fond des mines, mais aussi dans les grands ateliers de métallurgie et, d'une façon générale, dans tous les endroits où il est peu commode, par raison d'encombrement ou à cause d'exigences particulières, d'employer l'appareillage nécessaire sous la forme habituelle. Elle remplace donc le tableau de distribution dont elle contient tous les appareils; son encombrement très réduit ($1^m,50$ de haut sur 1 mètre de côté environ), permet de la placer, sans aucune installation préliminaire, à proximité du moteur à commander, et enfin sa constitution « blindée » garantit des chocs les divers appareils en même temps qu'elle les met hors d'atteinte du personnel lorsqu'ils sont sous tension.

Il est aisé, avec plusieurs de ces cabines, de constituer des tableaux de distribution complets,

en remplaçant le capot supérieur par des pièces métalliques formant coffrage pour réunir les cabines entre elles et loger les barres de distribution ; on réalise ainsi, et après un montage très rapide, un tableau comportant plusieurs arrivées et départs.

Le bâti est en fonte, sauf cependant la partie inférieure avant et la partie arrière qui sont en tôle forte. La présence de deux portes sur chaque face latérale permet l'accès facile et la visite commode de tous les appareils (fig. 1).

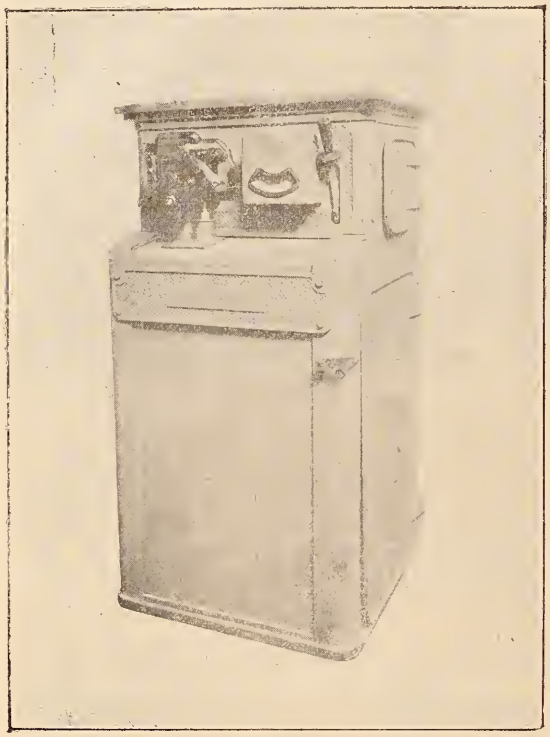


Fig. 1,
Vue extérieure de la cabine blindée.

Étudiée pour les tensions de 3.000 à 10.000 volts, cette cabine comporte ou peut comporter (suivant les combinaisons demandées), une partie ou la totalité des appareils suivants :

2 capots d'extrémité de câbles armés.

1 sectionneur tripolaire 150 ampères, manœuvrable de l'extérieur.

1 interrupteur tripolaire à huile, puissance de rupture 20.000 kilovolts-ampères.

1 mécanisme de disjonction à 2 maxima d'intensité avec possibilité de retardation et possibilité d'adjonction d'un minima de tension.

2 transformateurs d'intensité pour l'alimentation des bobines du mécanisme de disjonction et des appareils de mesure.

1 transformateur monophasé de tension pour l'alimentation de la bobine à minima et des appareils de mesure.

2 Coupe-circuits fusibles à haute tension pour la protection du transformateur de potentiel.

1 ampèremètre électromagnétique amorti.

1 compteur pour circuits triphasés équilibrés.

1 verrouillage entre l'interrupteur à huile et le sectionneur ne permettant pas la manœuvre en charge de ce dernier.

Les connexions entre les différents appareils sont établies suivant le schéma ci-contre (fig. 2).

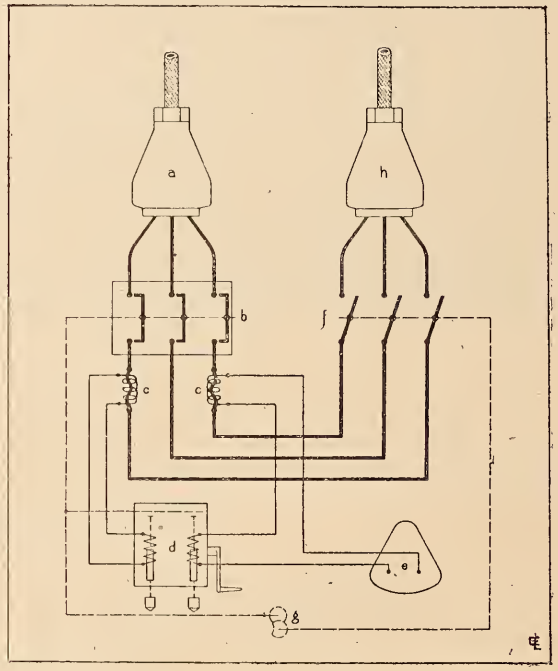


Fig. 2
Schéma de l'appareillage. Légende : *a*, capot d'arrivée. — *b*, interr. H. T. dans l'huile. — *c*, transform. d'intensité. — *d*, mécanisme de disjonction à maxima avec temporisation. — *e*, ampèremètre. — *f*, coupure. — *g*, verrouillage mécanique entre interr. et coupure. — *h*, capot de départ.

Certains de ces appareils possèdent des particularités intéressantes de construction que nous allons maintenant signaler.

L'interrupteur à huile comporte un dispositif de relevage de bac manœuvrable depuis l'extérieur pour la visite des contacts et un dispositif de signalisation optique indiquant, à l'aide de lampes, si l'appareil est en service ou si le circuit est coupé. Les arrivées de courant en cuivre rouge rond sont noyées dans des pièces en isolant moulé ; seules émergent de l'isolant les extrémités méplates pour le raccord des connexions à l'extérieur.

Les contacts mobiles, reliés à l'arbre de commande par des porcelaines travaillant uniquement à la compression, sont constitués par des pastilles de cuivre rouge et complétés par des pare-étincelles à détente assurant une capacité de rupture de 20.000 K. V. A. environ.

Le mécanisme « Carter », qui assure la commande mécanique et automatique de l'interrupteur à huile, est visible à la partie supérieure et à gauche de la cabine; il est à déclanchement libre, c'est-à-dire qu'on ne peut le réenclancher si la cause qui a provoqué la rupture subsiste et cela même si la manette de fermeture à main est maintenue dans la position d'enclanchement. Cet appareil peut être muni de cataractes retardatrices à mercure permettant d'introduire dans le fonctionnement de l'appareil des retards réglables de 1 à 10 secondes. La sensibilité de ce dispositif est très grande et son fonctionnement a sur les appareils analogues à huile ou à glycérine le grand avantage d'être absolument indépendant de la température.

Le sectionneur tripolaire comporte une ingénieuse combinaison qui fait pivoter les 3 couteaux autour d'un axe fictif procurant ainsi une grande simplicité de construction. Un dispositif de verrouillage simple et robuste empêche d'ouvrir ou de fermer les sectionneurs lorsque le disjoncteur est fermé.

Les transformateurs d'intensité ont une construction très particulière caractérisée surtout par leur mode d'isolation. Les enroulements et les tôles sont maintenus et isolés par une matière spéciale moulée à très haute pression et à température élevée. Cette matière est absolument inerte et les enroulements ne peuvent se déformer sous l'influence d'un court-circuit. Elle ne comporte aucun vide susceptible de laisser l'air s'ozoniser. Le principe de construction de ces appareils permet de réduire au strict minimum la longueur du circuit magnétique et aussi de supprimer pratiquement les joints par suite d'une disposition spéciale des tôles qui ne comportent pas de rivets.

La forme et la constitution entièrement rigide de ces transformateurs permettent d'ailleurs leur montage facile dans toutes les positions.

Le transformateur de potentiel est construit sur le même principe d'isolement. Le bobinage haute tension est effectué sur une bobine à collets multiples en isolant moulé. Cette bobine comporte un logement intérieur dans lequel vient se placer l'enroulement basse tension. Le montage des tôles s'effectue comme précédemment.

La conception originale de cette cabine et son exécution sont dues à la Société « La Métallurgique électrique » (brevets Vedovelli). C'est une réalisation nouvelle dans le domaine de l'appareillage blindé dont l'emploi semble se généraliser davantage de jour en jour. C. R.

Calcul des sections des conducteurs

DANS LES INSTALLATIONS D'ABONNÉS

Les branchements et installations raccordées aux secteurs (dérivations d'abonnés, colonnes montantes, etc.) doivent satisfaire à la fois aux conditions techniques, aux règlements administratifs et aux conditions spéciales imposées par les secteurs. L'étude que nous publions ci-dessous pourra rendre les plus grands services aux installateurs en leur permettant de déterminer, par l'emploi d'un abaque très simple, les sections admises, suivant les différents cas, par la Compagnie Parisienne de distribution d'électricité (C. P. D. E.)

Les sections des conducteurs d'une installation électrique doivent être choisies de manière que ces conducteurs satisfassent aux deux conditions importantes suivantes :

1° Ne pas s'échauffer dangereusement ;

2° Ne pas provoquer entre l'origine de l'installation et le récepteur le plus éloigné une chute de tension exagérée. En ce qui concerne la première condition, on a l'habitude, en pratique, de choisir les câbles de façon à ce que la densité de courant ne dépasse pas une valeur déterminée. Le tableau suivant donne les valeurs de cette densité de courant :

SECTION des conducteurs jusqu'à	DENSITÉ DE COURANT PAR mm²	
	Union des syndicats.	C. P. D. E.
5 mm²	5 amp.	3 amp., 5
de 6 à 15 mm²	4	de 3 à 2,5
de 16 à 50 mm²	3	de 2,5 à 2
de 51 à 100 mm²	2	1 amp., 5
de 101 à 200 mm²	1,5	1 amp.
au-dessus de 200mm	1	1 amp.

Ces valeurs peuvent être dépassées en cas de service intermittent, sans pourtant provoquer un échauffement supérieur à celui qui résulterait en service normal.

La deuxième condition est la plus importante. Pour calculer la section d'un conducteur, on applique la formule connue :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

On sait, en effet, que la résistance R d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur l et inversement proportionnelle à sa section s. Elle dépend, en outre, d'un facteur ρ appelé résistivité ou résistance spécifique du corps.

Cette résistivité est de 1,56 microhms-cm. pour le cuivre à la température de 0°C.

Elle varie avec la température et peut être donnée par la formule :

$$\rho t = \rho o\ (1 + \alpha t + bt^2).$$

dans laquelle bt^2 est négligeable.

On obtient alors : $\rho t = \rho o\ (1 + \alpha t)$.

ρt = résistivité à la température t

ρo = résistivité à 0°C.

α = coefficient de température (0,00388 pour le cuivre).

Pour tenir compte de l'échauffement du conducteur, on devra donc prendre pour le cuivre 1,7 à 1,8 microhms-cm.

La formule $R = \rho \frac{l}{s}$ sera $R = 1{,}8 \frac{l}{s}$

Si R est en ohms, on aura :

$$R = 1{,}8 \times 10^{-6} \frac{l \text{ en cm.}}{s \text{ en cm}^2} = 0{,}018 \frac{l \text{ en mètres}}{s \text{ en mm}^2} =$$

$$1{,}8 \frac{l \text{ en km}}{s \text{ en mm}^2}$$

Considérons maintenant un conducteur $a\ b$ de résistance R traversé par un courant continu d'intensité I donnant lieu à une perte d'énergie déterminée par la loi de Joule,

$$RI^2$$

Si E est le potentiel en a et E' le potentiel en b, on a, d'après la loi d'Ohm :

$$\frac{E - E'}{R} = I \text{ ou } E - E' = RI$$

Le potentiel en a sera donc égal au potentiel en b moins une quantité RI appelée la chute de tension. On peut, d'autre part, écrire :

$$\frac{E - E'}{I} = R \text{ et comme } R = \rho \frac{l}{s}$$

On aura : $\frac{E - E'}{I} = \rho \frac{l}{s}$

D'où $S = \rho \frac{l\,I}{E - E'}$

et d'après ce que nous avons dit précédemment :

Section en m/m² =

$$\frac{0{,}018 \times \text{ampères} \times \text{longueur totale en mètres}}{\text{chute de tension en volts}} \quad (1)$$

Formules pratiques.

Dans les installations électriques, la chute de tension est déterminée par les règlements :

Entre le compteur et la lampe la plus éloignée, la chute de tension ne doit pas dépasser 3 % de la tension au compteur, quand la totalité des lampes est en service (Union des syndicats).

Les chutes de tensions correspondant aux dérivations d'abonnés, colonnes montantes, etc... sont déterminées par des règlements particuliers des secteurs qui desservent les contrées .

Par exemple la C. P. D. E. exige :

1 volt 5 de chute de tension par 110 volts au maximum, entre la boîte de coupe-circuit principale et l'un quelconque des compteurs, les canalisations étant supposées utilisées à leur pleine puissance.

Ce sera donc :

1 volt, 5 pour une dérivation simple sur 110 volts.
1 volt pour une colonne montante sur 110 volts.
0,5 v. pour une dérivation sur colonne montante.

Dans ces conditions, il sera facile de calculer la section des conducteurs à l'aide de la formule (1) en remarquant que la longueur totale doit être la longueur aller et retour de la canalisation, ou 2 fois la longueur simple.

Si l'on admet que la résistivité est 0,017 au lieu de 0,018, la formule (1) peut être simplifiée en ce qui concerne le calcul des conducteurs sur la C. P. D. E.

Dans chaque cas, il suffit de chercher x :

$$\frac{I \times l \times 2 \times 0{,}017}{e} = \frac{l\,I}{x}$$

On obtiendra alors les formules plus simples suivantes :

$$\text{chute } 0^{\text{volts},5} \text{ — } s \text{ en m/m}^2 = \frac{\text{long. simple} \times I}{14,7}$$

$$\text{Chute de 1 v. — } s = \frac{l \times I}{29,4}$$

$$\text{— 1 v., 5 — } s = \frac{l \times I}{44,1}$$

$$\text{— 2 v. — } s = \frac{l \times I}{58,8}$$

$$\text{— 3 v. — } s = \frac{l \times I}{88,2}$$

$$\text{— 4 v. — } s = \frac{l \times I}{117,6}$$

$$\text{— 6 v. — } s = \frac{l \times I}{176,4}$$

Applications pratiques.

1° *Cas d'une dérivation* (C. P. D. E.). — On

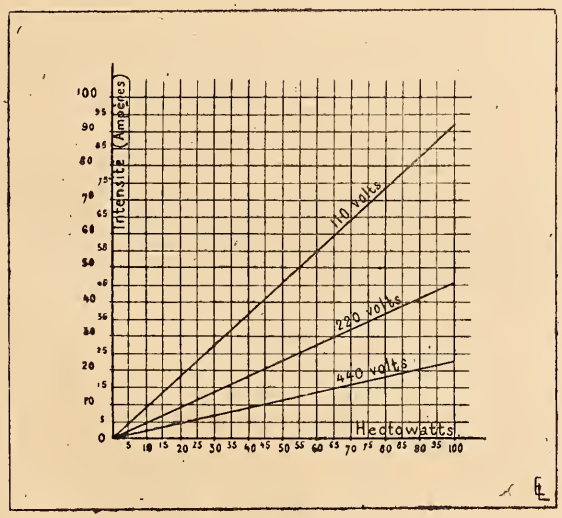


Fig. 1.

pourra appliquer les formules précédentes suivant la tension d'alimentation.

$$\text{On aura — 110 v. — } s = \frac{l \times I}{44,1}$$

$$\text{— 220 v. — } s = \frac{l \times I}{88,2}$$

$$\text{— 440 v. — } s = \frac{l \times I}{176,4}$$

Comme la puissance est donnée en hectowatts, on trouvera facilement la valeur de I à l'aide de la formule :

$$I = \frac{Hw \times 100}{E} \text{ (pour 110 v., 220, 440}$$

E étant la tension d'alimentation.

L'abaque représenté donne d'ailleurs la valeur directe de l'intensité en fonction de la puissance (fig. 1).

Il ne restera plus ensuite qu'à vérifier si la section du câble est suffisante pour l'intensité à l'aide du tableau précédent.

Remarquons qu'on ne devra pas employer de câbles de moins de 5 mm²,2 de section.

Dans le cas d'une dérivation sur colonne montante, on aurait de même ;

$$\text{— 110 v. — } s = \frac{l \times I}{14,7}$$

$$\text{— 220 v. — } s = \frac{l \times I}{29,4}$$

$$\text{— 440 v. — } s = \frac{l \times I}{58,8}$$

2° *Cas d'une colonne montante* (C. P. D. E.). — Nous avons dit qu'une colonne montante doit être calculée avec 1 volt de perte de charge à 110 volts. Dans quelques cas particuliers, cette tolérance peut être portée à 1 volt 25, mais la perte de charge sera de 0 volt 25 pour les dérivations prises sur la colonne.

Dans tous les cas une colonne montante peut être établie en calculant la section nécessaire pour chaque abonné prévu comme s'il était seul et en additionnant les sections obtenues.

Considérons le cas d'une colonne montante à 2 × 110 v. (fig. 2). On équilibrera les puissances prévues à chaque étage de telle façon que :

$$h + h_1 + h_2 = h'_1 + h'_2 + h'$$

après avoir déterminé I I_1 et I_2 comme précédemment, on pourra écrire :

$$s = \frac{\rho \times 2 \times l'' \times I}{1}$$

$$s' = \frac{\rho \times 2 \times l' \times I_1}{1}$$

$$s'' = \frac{\rho \times 2 \times l \times I_2}{1}$$

On aura donc du

r.-d.-ch. au 1er étage $(s + s' + s'') \times 3$ câbles.
du 1er au 2e étage $(s + s') \times 3$ câbles.
du 2e au 3e étage $(s.) \times 3$ câbles,

Il suffira ensuite de vérifier si la section calculée correspond bien à la densité de courant prévue.

Pour les réseaux 5 fils, le calcul serait le même. On peut aussi calculer une colonne montante en coupant la colonne en trois tronçons pour chacun desquels on admettrait le 1/3 de la chute de tension prévue. Cette méthode est évidemment moins régulière

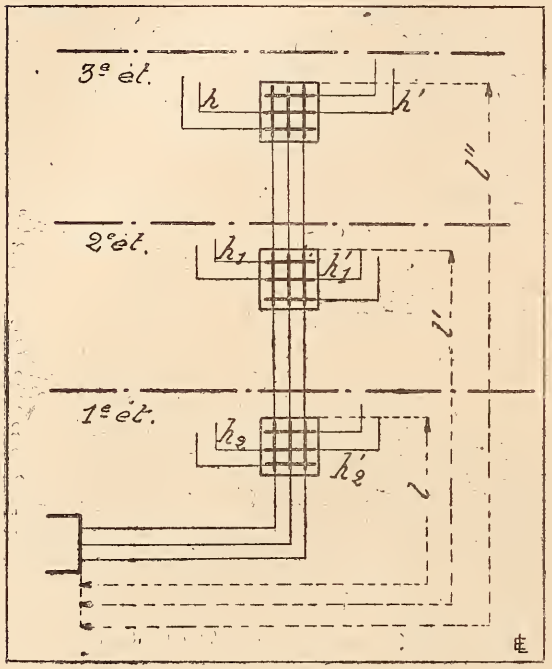


Fig. 2.

Enfin, si les installations sont régulièrement réparties, on pourrait calculer (cas de colonnes à plusieurs fils) la colonne directement à 220 volts ou 440 volts suivant les cas, en intercalant un 3e fil de même section. Cette méthode exige un équilibrage rigoureux et convient mieux aux réseaux à 3 fils qu'aux réseaux 5 fils. Elle a l'avantage de diminuer considérablement la section des conducteurs. Signalons aussi que certains réseaux admettent des coefficients d'allumage ou rapport entre le nombre total de lampes et le nombre de lampes allumées.

Pour les appartements, on peut admettre 50 % pour les immeubles à loyers élevés, et 65 % pour les immeubles à petits loyers.

Remarques. — Sur les réseaux à 3 et 5 fils, la C. P. D. E. exige des canalisations collectives d'immeubles à 3 fils au moins et à 5 fils si la puissance totale des compteurs dépasse 50 hectowatts.

3° *Cas d'une installation.* — Ce cas est en tous points semblable à celui d'une colonne montante. Une installation est, en réalité, une ligne commune desservant plusieurs dérivations à des distances variables.

On pourra donc admettre 2 volts de perte de charge pour la ligne commune et 1 volt par dérivation.

On peut simplifier le calcul si les dérivations sont très rapprochées en supposant que toutes les dérivations partent du même point.

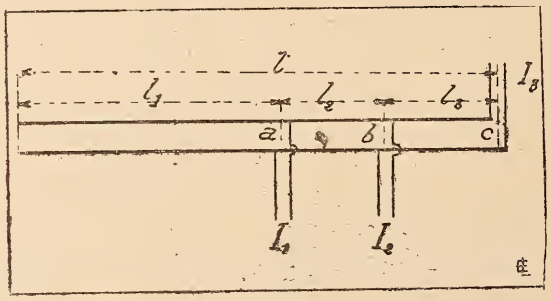


Fig. 3.

Comme toujours, on vérifie la densité du courant.

Le calcul peut être conduit d'une façon un peu différente si les distances entre les dérivations sont grandes. On peut alors réunir les deux conditions en une seule formule en admettant une même densité de courant pour tous les conducteurs.

Supposons une ligne commune (fig. 3) desservant trois dérivations I_1, I_2, I_3 à des distances l_1, l_2, l_3. Dans la première partie de la ligne, le courant sera $I_1 + I_2 + I_2$ et la section sera :

$$s_1 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{\delta}$$

δ étant la densité de courant admise.

La résistance sera :

$$R = \rho \times \frac{2\, l_1}{\dfrac{I_1 + I_2 + I_3}{\delta}} = \rho\, \frac{2\, l_1\ \delta}{I_1 + I_2 + I_3}$$

et la chute de tension sera $e_1 = \rho\, 2\, l_1\, \delta$.

On aurait de même dans la partie $a\ b$:

$$e_2 = \rho\, 2\, l_2\, \delta$$

La chute de tension totale sera :

$$e = \rho\, 2\, l\, \delta \text{ et si}$$

$e = \dfrac{1 \times E}{100}$ on pourra tirer δ de la formule :

$$\rho\, 2\, l\, \delta = \frac{1\ E}{100}$$

prenons $\rho = 0{,}017$ et portons δ dans les formules de s_1, s_2, s_3.

On aura :

$$s_1 = 3{,}4 \frac{(I_1+I_2+I_3)\,l}{E} \quad s_2 = 3{,}4 \frac{(I_2+I_3)\,l}{E}$$

$$s_3 = \frac{3{,}4\,(I_3)\,l}{E}.$$

Remarque. — Dans le cas d'installations triphasées, il faut se souvenir que le courant dans la ligne est

$$I = \sqrt{3}i \quad \text{ou} = 1{,}73\,i$$

i étant le courant dans le circuit récepteur (cas d'une installation de lumière).

Détermination de l'intensité. — Il est nécessaire de déterminer pratiquement la valeur de l'intensité pour appliquer facilement les formules précédentes.

— Pour des lampes à incandescence.

$$I = \frac{n \times b \times w}{E},$$

n = nombre de lampes.
b = nombre de bougies par lampe.
w = consommation en watts par bougie.
E = différence de potentiel.

— Pour un moteur à courant continu, on sait que :

$$E \times I = P \times 736$$

P étant la puissance en chevaux,

d'où $$I = \frac{P \times 736}{E}$$

Si P = 1, on aura : I = 6,7 pour 110 volts.
I = 3,4 pour 220 volts.
I = 1,7 pour 440 volts.

— Pour un moteur à courant alternatif on aura de même, moteur triphasé, par exemple :

$$EI\sqrt{3}\cos\varphi = P \times 736$$

d'où $$= I\,\frac{P \times 736}{E\sqrt{3}\cos\varphi}$$

On obtiendrait de même la valeur de l'intensité pour un moteur diphasé : $P \times 736 = 2 \times E\,I\cos\varphi$.

Abaque. — L'abaque représenté permettra de déterminer dans tous les cas la section du câble, d'une façon directe et sans calcul. Il a été calculé pour le cuivre et avec une résistivité moyenne de 1,7 (admise par la C. P. D. E.).

Les points de gauche indiquent la puissance en hectowatts; les points de droite la longueur simple en mètres. Pour trouver la section du câble nécessaire pour transporter une puissance donnée à une distance donnée, il suffira de joindre les points correspondants à la puissance et à la longueur simple par une droite (à l'aide d'une règle, feuille de papier, etc.). Le point de rencontre de cette droite avec la courbe portant le même chiffre que la puissance, permettra de déterminer des points symétriques sur l'une des échelles correspondant à la chute de tension fixée et à la tension de la source.

Ces échelles portent en bas la section du câble en mm² et au-dessus le câble commercial correspondant.

Il suffira ensuite de vérifier la densité de courant ou, si on recherche une section pour la C. P. D. E., de se reporter aux tableaux de gauche.

Nous donnerons quelques exemples.

Applications. Emploi de l'abaque.

1° Soit à déterminer la section d'une dérivation prise sur branchement C. P. D. E. — 10 Hw — 45 mètres longueur simple — 110 volts.

On trouve sur l'échelle 110 v. — 1 v.,5 chute de tension, une section = à 9mm²,2 ou câble commercial 9,3.

En suivant la flèche, on trouve en face de 10 Hw les chiffres 5mm²,5; cela signifie que la section trouvée ne doit pas être inférieure à 5mm,5 donc section cherchée, 9mm²,3.

Pour une dérivation sur colonne avec 0,5 comme chute de tension, on aurait, par exemple :

20 Hw à 80 mètres longueur simple — 110 volts.
s = 98mm²,8 câble commercial 105mm².

Le tableau de gauche à 110 volts indique que le câble est normal au point de vue de la densité de courant.

2° Soit une colonne montante à établir dans un immeuble à 3 étages. Cette colonne devra pouvoir desservir deux appartements à 5 Hw chacun par étage.

Les longueurs simples sont, par exemple :
du r.-d.-ch. au 1er ét. — 10 mètres.
du 1er au 2e ét. — 5 mètres
du 2e au 3e ét. — 5 mètres.

Cette colonne (C. P. D. E.) devra être à trois fils.

Par pont de 110 volts, on devra avoir 1 volt de chute de tension, donc du r.-d.-ch. au 3e ét. — 5 Hw à 20 mètres. — 3 mm.

Du r.-d.-ch. au 2e ét. — 5 Hw. à 15 m. — 2mm,230.
Du r.-d.-ch. au 1er ét. — 5 H. à 10 m. — 1mm²,9.
La section du r.-d.-ch. au 1er étage sera 3 + 2,30 + 1,9 = 7,20 ou câble commercial 7mm²,92. Le

tableau de gauche pour 15 Hw indique que cette section peut être conservée.

On aura de même :

du 1er au 2e — 2,30 + 3,0 = 5,3

donc câble 5 mm,5.

Du 2e au 3e — 3 mm,0, donc câble 5mm,5.

En définitif, on aurait :

Du rez-de-chaussée au premier 3 câbles 7mm²,92

Du premier au deuxième — 5mm²,5

Du deuxième au troisième — 5mm²,5

En considérant les installations équilibrées, le calcul pourrait se faire à 220 volts ou (sur réseaux à 440 volts), à 440 volts, on utiliserait alors la 5e ou 8e échelle.

Remarque. — On remarque dans certaines colonnes de gauche des annotations (*pas de* 12,4 *ou pas de* 54); cela signifie que la densité de courant serait trop élevée pour les intensités correspondantes.

3° Soit une installation de force motrice de 80 hw. sur le réseau diphasé 2 × 220 volts à prendre sur branchement de rue CPDE.

On aura $\frac{80}{2}$ = 40 hw. par phase à 220 volts.

Si l'on suppose que la distance entre le coupe-circuit de branchement et le compteur est de 70 mètres, on aura (échelle 6) :

4 câbles de 14mm,2 ou mieux 15mm,9

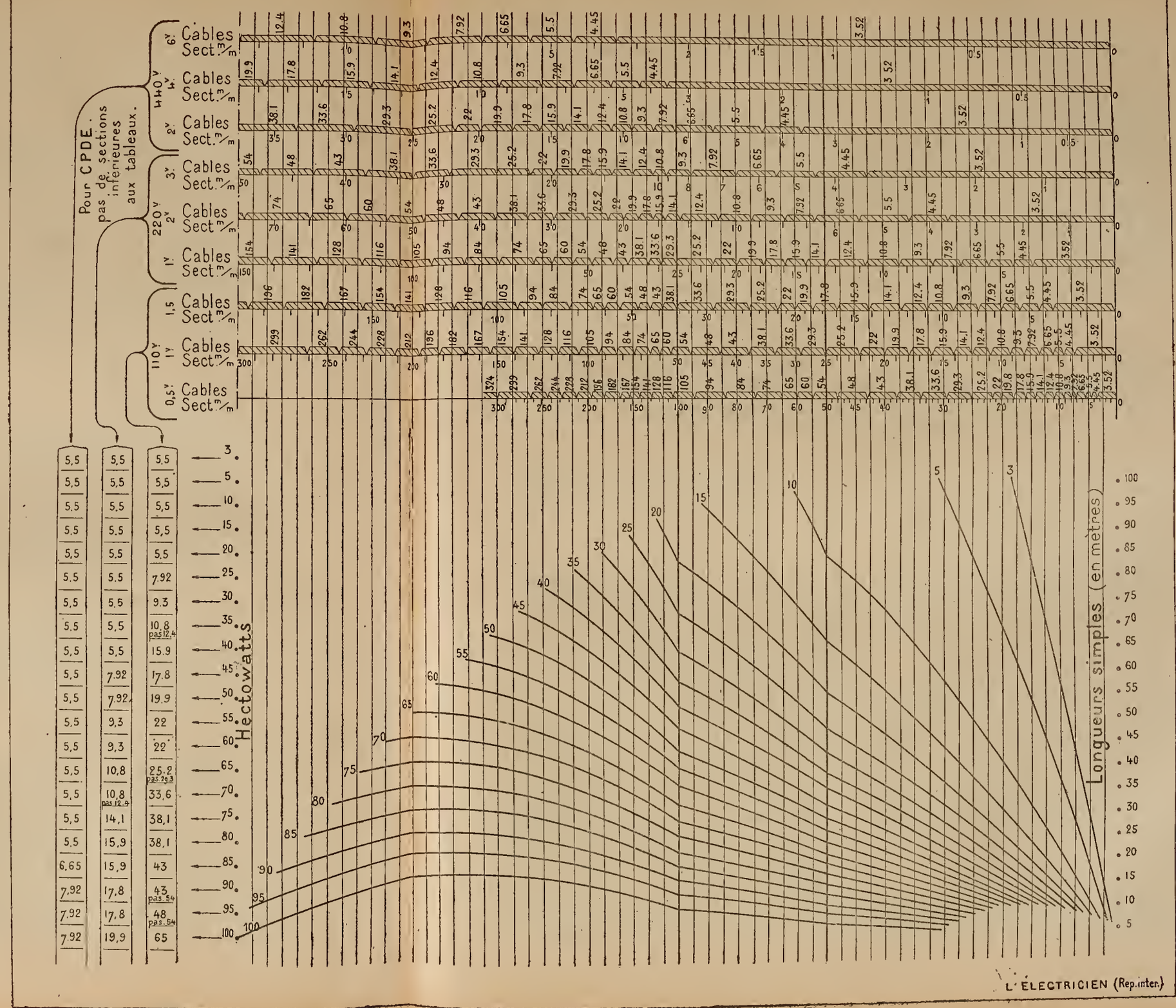
Mode d'emploi de l'abaque.

L'abaque ci-contre, calculé pour le cuivre avec résistivité moyenne de 1,7 (admise par la C.P.D.E.) permet de déterminer sans calculs la section d'un conducteur.

Les points de gauche indiquent la puissance en hectowatts ; les points de droite la longueur simple en mètres. Pour trouver la section du câble nécessaire pour transporter une puissance donnée à une distance donnée, il suffit de joindre les points correspondants à la puissance et à la longueur simple par une droite (à l'aide d'une règle, feuille de papier, etc.). Le point de rencontre de cette droite avec la courbe portant le même chiffre que a puissance permet de déterminer des points symétriques sur l'une des échelles correspondant à la chute de tension fixée et à la tension de la source.

Ces échelles portent en bas la section du câble en mm² et au-dessus le câble commercial correspondant.

Il suffira ensuite de vérifier la densité du courant ou, si on recherche une section pour la C. P. D. E., de se reporter aux tableaux de gauche.



La densité est admissible suivant le tableau de gauche.

On opérerait de même pour une installation à 440 volts continu.

4° Pour une installation intérieure, on opérera comme précédemment. Chaque échelle inférieure donnera la section réelle et il suffira de vérifier si la densité de courant est admissible.

Soit une installation à 110 volts alimentant deux dérivations, l'une de 46 ampères à 25 mètres et l'autre de 37 ampères à 35 mètres.

46 ampères et 37 ampères (fig. 1) correspondent respectivement à 50 hw. et 30 hw.

Le problème se pose ainsi : transmettre 80 hw. à 30 mètres avec une chute de tension de 1 volt 5, par exemple. On garde 0 volt 5 pour les dérivations, ce qui fait 2 volts de chute de tension totale.

Section de la ligne = 54 mm².

En admettant 2 ampères par mm², la section est bonne. On opérera de même pour chaque dérivation.

Pour perdre 3 volts, la section trouvée à l'échelle 3 devra être divisée par 2.

Si la distance entre les deux dérivations est plus grande, on peut agir, comme pour une colonne ou bien comme précédemment, mais alors diminuer légèrement la chute de tension pour la dérivation extrême, tandis qu'elle pourra être augmentée pour la première dérivation (1).

P. Maurer,
Ingénieur-électricien.

CHRONIQUE

Les avantages relatifs des différents moteurs

A COURANT ALTERNATIF

Lorsqu'on emploie des moteurs à courant alternatif pour des buts industriels, les moteurs à cage d'écureuil et les moteurs d'induction sont d'un usage plus courant ; mais dans certains cas on peut être appelé à utiliser des moteurs à double cage d'écureuil, à plusieurs vitesses, à répulsion-induction et monophasés. Les caractéristiques de ces derniers n'étant pas aussi connues que celles des moteurs d'induction ordinaires, nous allons les exposer sommairement, d'après une étude publiée dans *Electrical World.*

Moteur à double cage d'écureuil.

Ce moteur a une première cage d'écureuil à haute résistance et faible réactance près de la surface du rotor et une seconde cage d'écureuil à faible résistance, haute réactance enfoncée dans le rotor. Cette dernière donne un fort couple moteur et une bonne vitesse, près du synchronisme, tandis que les conducteurs de surface donnent un fort couple moteur aux faibles vitesses. On réalise ainsi un couple uniformément élevé entre de grandes limites de vitesses, mais aux dépens du facteur de puissance par suite de la haute réactance de la cage inférieure.

Moteur à plusieurs vitesses.

Il a ses enroulements primaires disposés de façon que le nombre de pôles, et par suite la vitesse, puissent être modifiés ; le facteur de puissance est nécessairement plus faible à basse vitesse qu'à grande vitesse. C'est cependant le moteur d'induction à vitesse variable le plus employé.

Moteurs à collecteurs.

Les moteurs à répulsion ou les moteurs à collecteurs monophasés dans lesquels l'induit est court-cuircuité et fonctionne par induction d'un enroulement fixe compensateur, donnent une meilleure commutation que les moteurs-série à des vitesses modérées. Ils ont en général des caractéristiques série ou à vitesse variable, bien que les moteurs à répulsion-induction n'ont ces caractéristiques qu'au démarrage et fonctionnent ensuite comme moteurs ordinaires d'induction.

Les moteurs monophasés à collecteurs peuvent avoir leurs induits, leurs inducteurs et leurs circuits de compensation excités par conduction ou par induction. Dans le premier cas ils ont des caractéristiques série ou dérivation suivant les connexions et dans le second celles des moteurs à répulsion. En décalant le magnétisme inducteur, au moyen d'une résistance en dérivation par exemple, le moteur peut être employé pour la compensation des facteurs de puissance.

M. G.

(1) Les lecteurs qui désireraient des tirages à part de cet article avec l'adaque pourront s'adresser aux bureaux de l'*Electricien.*

VÉRIFICATION DE MÉGOHMMÈTRES AU MOYEN DE FAIBLES RÉSISTANCES

Pour vérifier des mégohmmètres qui ont des portées de 10 à 2.000 mégohms, il semblerait qu'il soit nécessaire d'employer un grand nombre de résistances étalons très élevées. Or les résistances étalons de l'ordre de 2.000 mégohms sont rares et si elles étaient faites en fil elles nécessiteraient une longueur de plusieurs milliers de kilomètres. La méthode que nous allons indiquer, d'après *Electrical World*, permet d'imiter les effets de ces hautes résistances au moyen de résistances beaucoup plus faibles.

Les deux principales parties d'un méghommètre sont une magnéto à haut voltage et un galvanomètre différentiel; elles sont connectées comme l'indique la figure. La méthode pour vérifier les différents points de l'échelle est la suivante : le résistance du circuit X du galvanomètre est déterminée par un pont de Wheastone; le pont est

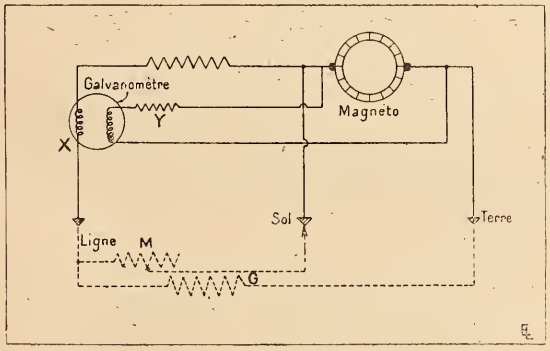


Fig. 1.

inséré entre les bornes marquées « ligne » et « attente » sur l'appareil. Une résistance étalon G ayant une assez grande valeur est reliée aux bornes marquées « ligne » et « terre » et une résistance variable M est reliée aux bornes marquées « ligne » et « sol ». La figure montre que le circuit M est en parallèle avec le circuit X. Une fraction définie du courant passant dans G est donc shuntée autour du galvanomètre. Il est évident qu'en faisant varier M, la déviation de l'instrument peut être rendue aussi grande que l'on veut. Si la résistance G demeure constante et que M égale X, la moitié du courant à travers G passe dans le galvanomètre et l'indication de l'instrument devra être 2 G. Si M est égal au 1/19e de X, l'indication de l'instrument devra être de 20 G. En prenant M de plus en plus petit, il est possible de produire l'effet équivalent de très hautes résistances et de vérifier rapidement les limites supérieures de l'échelle aussi bien que les plus basses.

Il est facile de voir que cette méthode est exacte. Supposons que le point de l'échelle correspondant à 20 G ohms soit vérifié directement en insérant un étalon de 20 G ohms entre les bornes marquées ligne et terre. L'expression des intensités dans les circuits du galvanomètre doit être :

$$Ix = \frac{V}{x + 20\,G} =$$

$$Iy = \frac{V}{y}$$

Si le même point est vérifié par la méthode décrite, les intensités dans le galvanomètre deviennent :

$$Ix' = I'q - I'm = \frac{V'}{\frac{x}{20} + G} - 19\,I'x$$

$$I'x = \frac{V'}{X + 20\,G} =$$

$$I'y = \frac{V'}{y\,\gamma} =$$

V et V' représentent les voltages aux bornes de la magnéto. Ces voltages sont inégaux et les courants I'x et I'y sont inférieurs respectivement aux courants Ix et Iy. On voit cependant que :

$$\frac{I'x}{I'y} = \frac{Ix}{Iy}$$

Les valeurs relatives des courants sont donc égales. L'indication d'un mégohmmètre dépend des intensités relatives des courants dans les circuits x et y; elles est donc la même par la méthode directe et par celle que nous venons de décrire.

M. G.

L'Institut d'électro-chimie et d'électro-métallurgie de Grenoble.

La ville de Grenoble vient de mettre à la disposition de l'Université le terrain nécessaire à l'édification de l'Institut d'électro-chimie et d'électro-métallurgie. Cet Institut a été créé à Grenoble par décisiou du Parlement datant de 1914.

Calcul des rhéostats de démarrage pour moteurs

A COURANT CONTINU

Cette question posée par un de nos lecteurs sur ce sujet de pratique courante a reçu plusieurs réponses que nous publierons successivement, étant donné leur grand intérêt.

Il existe différentes méthodes pour calculer les valeurs des résistances à intercaler dans le circuit d'un moteur pour son démarrage; aussi, nous nous bornerons à indiquer celles qui sont le plus communément employées en appliquant la première méthode à un exemple parce qu'elle nous a toujours fourni d'excellents résultats dans la pratique.

PREMIÈRE MÉTHODE

Soit à déterminer la résistance de démarrage à insérer dans le circuit d'un moteur shunt ayant les caractéristiques suivantes, en s'imposant une intensité de courant au démarrage ne devant pas dépasser l'intensité normale.

Puissance en HP : 10;

E aux bornes : 220 volts;

Rendement total ρ : 0,8.

Courant i_e absorbé par les électros : 5 0/0 de la puissance totale, soient :

I, le courant total;

i_e, le courant absorbé par les électros;

r_e, la résistance des électros;

i_i, le courant dans l'induit;

et r_i, la résistance de l'induit.

La puissance du moteur égale à $\frac{EI}{\rho} = \frac{736 \times 10}{0,8} =$

$= 9.200$ watts, $I = \frac{9.200}{220} = 42^a$ environ.

La puissance absorbée par l'enroulement shunt sera égale à :

$$E \times i_e = \frac{9.200 \times 5}{100} = 460 \text{ watts.}$$

Le courant dans les électros est par suite de :

$$i_e = \frac{460}{220} = 2^a,1$$

et leur résistance

$$r_e = \frac{220}{2,1} = 104 \text{ ohms } 76.$$

Le courant dans l'induit sera donc égal à :

$$i_i = I - i_e = 42 - 2,1 = 38^a,9$$

La puissance perdue dans l'induit est par suite de :

$$r_i^{\omega} \times i_i^{2a} = 460 \text{ watts}$$

d'où

$$r_i = \frac{460}{39,9^2} = 0\omega,29$$

La force électromotrice de l'induit sera :

$$E - i_i\ r_i = 220 - (39,9 \times 0,29) = 220 - 11,571 = 208^v,5$$

Or au démarrage $E = 0$

$$i_i = \frac{E}{r_i + x}$$

en appelant x la résistance à intercaler.

$$r_i + x = \frac{E}{i_i} = \frac{220}{39,9} = 5\omega,5$$

et

$$x = 5,5 - 0,29 = 5\omega,21.$$

On aura pour chacune des parties de la résistance les valeurs suivantes obtenues par un calcul très simple ainsi que l'on peut s'en convaincre.

La résistance pourra être constituée arbitrairement par 8 boudins dont nous pouvons calculer la résistance de chacun comme il suit.

Soient :

i, le courant dans la résistance au moment du passage d'une touche à l'autre;

n, le nombre de résistances égal à 8;

r_i, la résistance de l'induit calculée précédemment et trouvée égale à $0\omega,29$;

E, la tension aux bornes d'alimentation soit ici 220 volts;

i_i, le courant dans l'induit, soit $39^a,9$.

On peut écrire la relation suivante :

$$\left(\frac{i}{i_i}\right)^n \times r_i = \frac{E}{i_i}$$

d'où

$$i = i_i \sqrt[n]{\frac{E}{i_i\ r_i}}$$

En remplacant les lettres par leur valeur, on obtient :

$$i = 39,9 \sqrt[8]{\frac{220}{39,9 \times 0,29}} = 39,9 \times 1,44 = 57^a5 \text{ environ}$$

Il ne reste plus qu'à calculer la valeur de chacun des huit boudins du rhéostat (fig. 1).

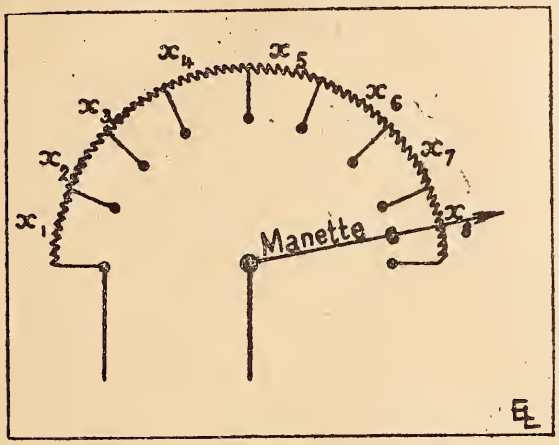


Fig. 1.

On aura successivement :

$$x_1 = \left(\frac{i}{i_i} - 1\right) r_i = \left(\frac{57,5}{39,9} - 1\right) 0,29 = 0\omega,128$$

$$x_2 = \frac{i}{i_i} x_1 = 1,44 \times 0,128 = 0\omega,185$$

$$x_3 = \frac{i}{i_i} x_2 = 1,44 \times 0,185 = 0\omega,267$$

$$x_4 = \frac{i}{i_i} x_3 = 1,44 \times 0,267 = 0\omega,385$$

$$x_5 = \frac{i}{i_i} x_4 = 1,44 \times 0,385 = 0\omega,555$$

$$x_6 = \frac{i}{i_i} x_5 = 1,44 \times 0,555 = 0\omega,800$$

$$x_7 = \frac{i}{i_i} x_6 = 1,44 \times 0,800 = 1\omega,153$$

$$x_8 = \frac{i}{i_i} x_7 = 1,44 \times 1,153 = 1\omega,662$$

DEUXIÈME MÉTHODE

Moteur shunt. — Soient comme précédemment :
E, la tension aux bornes ;
x, la résistance totale du rhéostat ;
$x_1, x_2 \ldots, x_n$, les résistances partielles ;
r_i, le courant dans l'induit ;
I_d, le courant maximum du dmarrage admis.
A la fermeture de l'interrupteur on a :

$$I_d = \frac{E}{r_i + x}$$

ou

$$E = I_d (r_i + x)$$
$$E = I_d r_i + I_d x$$
$$I_d x = E - I_d r_i$$

$$x = \frac{E - I_d r_i}{I_d}$$

La vitesse augmentant peu à peu, la force contre-électromotrice atteint une valeur E_1 telle qu'à ce moment le courant atteint sa valeur de régime

$$I = \frac{E - E_1}{r_i + x}$$

d'ou $E_1 = I (r_i + x) + E$

A ce moment la première résistance est supérieure et le courant ne doit pas dépasser I_d. En remarquant que la vitesse reste sensiblement constante pendant un temps très court ainsi que l'excitation, on peut écrire la relation suivante, qui permet de calculer x_1.

$$I_d = \frac{E - E_1}{x + r_i - x_1}$$

La vitesse augmente encore jusqu'à ce que la force contre-électromotrice atteigne la valeur E_2 telle que :

$$I = \frac{E - E_2}{x + r_i - x_1}$$

d'où l'on tire E_2.

La valeur de la résistance x_2 à supprimer à cet instant est fournie par la relation

$$I_d = \frac{E - E_2}{r_i + x - (x_1 + x_2)}$$

La marche du calcul est la même pour les résistances suivantes.

Moteur-série. — Soit r la résistance de l'inducteur. En conservant les notations précédentes, la résistance totale x du rhéostat de démarrage sera donnée par la relation :

$$I_d = \frac{E}{r_i + r + x}$$

Au moment où le moteur atteint sa vitesse de régime la force contre-électromotrice est telle que l'égalité :

$$I = \frac{E - E_1}{r + r_i + x}$$

soit satisfaite.

On supprime alors x_1 pour permettre au courant de reprendre sa valeur maximum I_d.

La force contre-électromotrice atteint ensuite une valeur E_2 telle que la relation suivante soit satisfaite

$$I_d = \frac{E - E_1}{r_i + r + x - x_1}$$

La valeur de x_1 se tire facilement de cette égalité et les valeurs successives $x_2, x_3, \ldots x_n$ sont calculées de la même manière.

M. Marre,
Ingénieur-électricien E. T. P.

Circulaire relative à la création des réseaux ruraux.

Extrait de la circulaire ministérielle du 15 juin 1920 :

Le sous-secrétaire d'Etat à l'Agriculture à MM. les ingénieurs en chef du génie rural.

Ainsi que le prévoit la circulaire que j'ai adressée à la date du 19 octobre 1919 aux préfets, de concert avec M. le Ministre des travaux publics, je vous envoie des instructions plus détaillées en ce qui concerne le rôle du génie rural dans la création des réseaux ruraux de distribution d'énergie et le mode de détermination de la participation financière de l'Etat qui pourra être accordée à ces entreprises sur les fonds du département de l'agriculture.

J'examinerai successivement les cas suivants :

Réseau concédé par une commune ou un syndicat de communes à un entrepreneur, ou exploité directement par ces collectivités.

Réseau concédé à une société coopérative agricole.

Réseau concédé à une association syndicale.

Communes et syndicats de communes. — Etant donnée l'élévation considérable des dépenses de construction et d'exploitation des réseaux de distribution d'énergie, dans les circonstances actuelles, les communes vont souvent se trouver dans l'obligation de contribuer dans une proportion plus ou moins forte aux frais de premier établissement pour trouver un demandeur en concession. Dans beaucoup de cas, cette participation devra comprendre la prise en charge par la commune de la totalité de ces frais, et même d'une partie des dépenses de raccordement du réseau aux lignes fournissant le courant, si ce raccordement n'est pas relativement court : cette nouvelle modalité, indispensable à la réalisation d'un grand nombre d'entreprises de distribution, a d'ailleurs été déjà appliquée avec succès dans une région du Midi particulièrement agricole.

Lorsque la commune contribuera aux frais de premier établissement du réseau, les clauses spéciales à insérer dans le cahier des charges pour tenir compte de ce concours financier devront être semblables à celles qui ont été prévues lorsqu'une commune donne en location à un concessionnaire les installations d'une distribution préexistante. Lorsqu'il en est ainsi, l'article 5 indique que le concessionnaire devra payer pour l'usage des ouvrages qui lui sont remis à bail un loyer annuel déterminé d'un commun accord et qui peut être soit fixe, soit proportionnel aux recettes brutes ou aux bénéfices réalisés. D'autre part, la location consentie pour la durée du bail cesserait de plein droit en cas de rachat ou de déchéance. Des dispositions analogues seront applicables dans l'hypothèse d'une participation communale aux dépenses de construction les travaux exécutés au moyen de cette contribution et qui sont la propriété immédiate de la commune pouvant, en effet être incontestablement assimilés à des installations préexistantes.

D'une manière générale, la commune devra percevoir un loyer suffisant pour assurer au cours de la durée de la concession tout au moins l'intérêt et l'amortissement des dépenses à sa charge (1). Il est difficile, en raison des conditions très diverses de construction et d'exploitation des réseaux, de donner des règles précises en ce qui concerne le système à adopter pour la fixation du loyer. Des indications d'ordre général sont fournies à cet égard dans une note annexée à la présente circulaire.

Lorsqu'il s'agira de réseaux où la clientèle agricole est prédominante, l'importance relativement faible des besoins d'énergie et leur discontinuité pourraient ne pas permettre de réaliser des recettes suffisantes pour que le prélèvement correspondant au loyer des installations payées par la commune puisse être effectué. Dans ces circonstances, la subvention qui pourra être accordée sur les fonds du ministère de l'agriculture, en réduisant la part des dépenses à la charge de la commune, donnerait les moyens d'opérer ce prélèvement, tout en maintenant les tarifs à un taux acceptable. Grâce à ce concours de l'État la création de réseaux ne soulèvera donc pas les objections qui se produiraient s'il devait en résulter une charge pour le budget communal et qui seraient d'autant plus vives qu'à l'origine la distribution ne desservira pas en général l'ensemble du territoire de la commune, mais seulement les parties où la consommation d'énergie sera la plus dense (2).

Les subventions qui seront accordées pour la construction des réseaux ruraux de distribution d'énergie, ne devront pas, en règle générale, dépasser le tiers des dépenses à la charge des communes. Cependant, dans les régions pauvres, où l'exécution de ces entreprises pourra être considérée comme devant largement contribuer à fixer la population ce subside pourra atteindre exceptionnellement la moitié. Lorsque le réseau aura un caractère mixte, partie agricole, partie industriel ou urbain, les dépenses subventionnables seront limitées à celles concernant les lignes d'intérêt agricole. De même, la participation du ministère de l'agriculture dans les lignes de transport sera déterminée, d'une part, en tenant compte des dépenses qu'il est légitime de faire supporter à l'entreprise de distribution pour tenir compte du développement de sa clientèle, d'autre part en se basant sur la capacité de lignes correspondantes aux intérêts agricoles.

Les observations précédentes s'appliquent intégralement aux entreprises concédées par les syndicats de communes. La constitution et le fonctionnement de ces organes, qui ont été facilités par la loi du 13 novembre 1917, peut être particulièrement avantageuse pour la création de réseaux ruraux de distribution. Le groupement des communes leur permettra, en effet, de réaliser plus aisément les ressources nécessaires. D'autre part, l'énergie sera produite ou achetée dans des conditions d'autant plus avan-

(1) Etant donnée la situation financière actuelle de la plupart des communes, le ministère de l'intérieur estime que l'organisation des services publics nouveaux, en particulier des distributions d'énergie, ne devrait pas être une source de charges pour les communes, mais, au contraire, contribuer à l'équilibre de leur budget. Un avis des sections réunies de l'intérieur et des travaux publics du Conseil d'Etat en date du 26 février 1919 indique qu'une commune est en droit sous les réserves prévues par des textes législatifs spéciaux, de réaliser des bénéfices dans l'exploitation de ses services publics de caractère industriel en régie ou concédés. Le but poursuivi peut être obtenu, en matière de distribution d'énergie électrique, en augmentant les redevances pour occupation du domaine public communal, solution qui évitera les objections qui pourraient être formulées, en se basant sur l'article 9 de la loi du 15 juin 1906, contre le partage direct des bénéfices.

(2) L'extension du réseau pourra être facilitée soit par la contribution sous forme de fonds de concours des propriétaires aux dépenses des lignes qui les desservent, soit par la constitution d'associations syndicales assumant la charge de l'établissement des lignes dans les conditions qui seront indiquées plus loin.

tageuses que le nombre des consommateurs augmentera; enfin les dépenses d'exploitation sont proportionnellement plus réduites sur un grand réseau que sur un petit. Il convient donc, pour ces motifs, de s'efforcer de développer en matière de distribution d'énergie, l'intervention des syndicats de communes qui, jusqu'à ce jour, est restée exceptionnelle.

Pour compléter les indications qui viennent d'être données au sujet du concours financier accordé aux communes et aux syndicats de communes, il reste à envisager le cas où des collectivités exploiteront directement les réseaux et celui où elles consentiront à des concessionnaires les subventions d'exploitation. Les conditions de détermination des subventions pour la construction des réseaux demeurent identiques, que ces réseaux soient concédés ou exploités en régie. La contribution de l'Etat aux subventions d'exploitation soulève, au contraire, des questions plus délicates. Tout d'abord, ce régime ne peut être admis qu'exceptionnellement, sous la réserve que la commune ne participe pas aux frais de premier établissement et que les charges résultant des subventions d'exploitation ne puissent dépasser un maximum déterminé et très inférieur au montant des frais de construction du réseau. Dans cette hypothèse, la subvention du ministère de l'agriculture consistera dans une somme une fois versée et ne dépassant pas le tiers du capital correspondant aux annuités à payer par la commune suivant l'estimation qui en sera faite par le service du génie rural dans ses propositions au sujet de la subvention.

Sociétés coopératives agricoles. — Les sociétés coopératives agricoles ne peuvent établir et exploiter les réseaux de distribution d'énergie que dans des conditions spéciales tenant compte de leur statut légal. D'autre part, si elles créent des réseaux empruntant des voies publiques, elles devront se conformer aux prescriptions du cahier des charges qui leur sera imposé en qualité de concessionnaires de l'Etat des communes ou des syndicats de communes. Ces deux natures d'obligations peuvent se concilier dans certains cas et les mesures à prévoir dans ce but feront l'objet d'instructions particulières adressées aux ingénieurs du service du génie rural.

Les sociétés coopératives agricoles qui se constitueront pour l'exécution et l'exploitation de réseaux de distribution d'énergie électrique pourront bénéficier des avances à long terme accordées par l'Etat, conformément à la loi du 29 décembre 1906, par l'intermédiaire des caisses régionales de crédit agricole. En règle générale, le concours financier de l'Etat sera limité à ces avances; cependant les coopératives pourront exceptionnellement recevoir, sur les fonds du ministère de l'agriculture, les subventions indispensables pour assurer la vitalité de l'entreprise. La procédure fixée par l'arrêté ministériel du 31 octobre 1912 devra être appliquée aux coopératives qui désirent bénéficier de ces deux modes d'encouragement.

Lorsque la coopérative se bornera à solliciter une avance, le service du génie rural devra être également consulté; il importe, en effet, avant de venir en aide à ces groupements, de s'assurer qu'ils ne s'engagent pas dans des études onéreuses pour la réalisation d'opérations qui ne seraient pas viables. Dans ce cas, le service du génie rural devra tout d'abord procéder à l'étude préliminaire prévue au début de la présente circulaire pour renseigner la caisse de crédit mutuel agricole sur la vitalité de l'entreprise. Puis ce service aura à fournir au service du crédit mutuel agricole son avis technique sur le projet qui sera soumis à l'administration de l'agriculture, pour l'attribution d'une avance à long terme.

Je vous signale, enfin, que toute entreprise réalisée par une coopérative devra être exécutée sous le contrôle du service du génie rural, qui vérifiera qu'elle est poursuivie conformément aux prévisions, et délivrera des certificats d'avancement des travaux, à la production desquels sera subordonné le mandatement des avances à long terme.

Associations syndicales. — Etant donné le caractère foncier des associations syndicales, la construction des lignes de distribution ne pourra, en principe, être entreprise par ces groupements qu'en vue de la desserte de bâtiments ruraux et de terres pour les besoins de la culture (1). Dès lors, le rôle des associations syndicales paraît être plus spécialement de greffer sur les distributions existantes, et dans le cadre des concessions accordées, des antennes permettant d'amener l'énergie aux exploitations qui ne pourraient être desservies par le réseau concédé par application du cahier des charges les consommations à prévoir étant trop faibles par rapport à la longueur des lignes à construire (2). Alors que la création de réseaux suivant les modalités examinées précédemment et subordonnées à la condition que les frais de premier établissement, déduction faite de la subvention de l'Etat, puissent être amortis, les intéressés réunis en association syndicale supporteront au contraire à fonds perdus la charge des lignes comme compensation des avantages que leur procurera la mise à leur disposition de l'électricité.

Deux cas sont à envisager lorsqu'une association se constituera pour l'extension d'un réseau suivant que la distribution sera ou non établie exclusivement sur les propriétés des adhérents. Dans le premier cas, il sera possible d'exécuter le réseau sous le régime de la permission de voirie et le groupement pourra assumer l'entretien et l'exploitation du réseau établi par ses soins en achetant l'énergie pour l'ensemble de ses membres. Le groupement pourra également tout en conservant la propriété des lignes construites par lui, s'entendre avec le concessionnaire du réseau communal pour qu'il assure le fonctionnement des lignes syndicales en vendant l'énergie, soit à l'association elle-même, soit à chacun de ses membres isolément. Au contraire, lorsque des voies publiques ou des propriétés n'appartenant pas à l'association seront empruntées, le régime de la concession sera, en principe, obligatoire et l'association devra s'adresser à la commune pour qu'elle accepte, d'accord avec son concessionnaire, d'incorporer dans son réseau les lignes syndicales.

Les subventions allouées aux associations syndicales par le ministère de l'agriculture pour l'exécution de lignes de distribution seront déterminées dans les mêmes conditions que celles accordées aux communes et pourront être fixées en tenant compte, indépendamment des lignes, des installations syndicales nécessaires à la distribution de l'énergie (transformateurs, compteurs, etc.).

Paris, le 15 juin 1920. H. Queuille.

Indications d'ordre général au sujet de la détermination du loyer à verser par les concessionnaires aux communes contribuant aux frais de premier établissement des réseaux.

Ainsi que le prévoit le cahier des charges-type des concessions de distribution d'énergie accordées par une commune

(1) Les lignes de transport qui seront exécutées pour le fonctionnement d'opérations d'arrosages ou d'assainissement réalisées par des associations syndicales et qui doivent être considérées comme des accessoires des autres travaux ne sont pas visées par la présente circulaire.

(2) Les cahiers des charges-type ne prévoient l'obligation pour le concessionnaire d'installer des lignes que si les propriétaires des immeubles à desservir garantissent pendant cinq ans une recette brute annuelle par mètre courant de canalisation, dont le montant est fixé dans chaque espèce par le cahier des charges.

ou un syndicat de communes lorsque l'autorité concédante remet au concessionnaire des installations préexistantes, le loyer pour l'usage des ouvrages remis à bail peut être soit fixe, soit proportionnel aux recettes brutes ou aux bénéfices réalisés. D'une façon générale, ce loyer devra tout au moins assurer à la commune au cours de la concession l'intérêt et l'amortissement des dépenses à sa charge.

L'acceptation par le concessionnaire d'un loyer fixe présente l'avantage de donner à la commune plus de sécurite et de faciliter la création des ressources nécessaires à la construction du réseau ; il conviendra donc de s'efforcer de faire prévaloir cette solution. Au contraire, l'adoption du seul partage des bénéfices comme rémunération des charges municipales comportera des aléas qu'il convient, autant que possible, d'éviter aux communes rurales dont le budget est obéré. La formule intermédiaire du partage des recettes brutes en équilibrant les risques sera probablement celle sur laquelle les deux parties se mettront le plus souvent d'accord.

La solution adoptée pourra d'ailleurs encore consister dans une combinaison des redevances fixes et proportionnelles aux recettes brutes.

Dans le cas de partage des recettes brutes, il conviendra de ne pas perdre de vue que, les tarifs de vente étant variables en fonction des index économiques (1), les recettes brutes peuvent augmenter pour une même consommation et une même utilisation sans que les bénéfices augmentent puisque la majoration des tarifs est uniquement destinée à compenser les frais supplémentaires d'exploitation et les diverses charges complémentaires qui sont la conséquence de la situation économique instable du pays. Pour tenir compte de cette considération, on pourra substituer au partage des recettes brutes une redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure consommés qui pourra être variable avec la nature de la consommation.

Lorsque le réseau ne sera rémunérateur qu'après un certain nombre d'années, la participation de la commune aux recettes brutes ne pourra commencer que lorsque celles-ci dépasseront un certain chiffre, par exemple la somme nécessaire pour couvrir les frais d'exploitation y compris les frais généraux, mais non compris l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés ni la constitution de dividendes. Dans cette hypothèse, il conviendra de prévoir que, lorsque le réseau deviendra bénéficiaire, les loyers échus seront privilégiés et devront être remboursés à la commune avant toute autre répartition de bénéfices. De plus, le pourcentage des recettes abandonnées à la commune pourrait s'élever suivant une échelle progressive avec le développement de la clientèle, abstraction faite du surcroît de recettes résultant des index économiques (1).

Les difficultés qui viennent d'être signalées comme conséquence du jeu des index économiques se produiraient encore dans le cas où le loyer serait proportionnel aux bénéfices réalisés, mais ce ne sont pas les seules à envisager ; l'évaluation des dépenses du concessionnaire sera en effet particulièrement délicate toutes les fois que le réseau sera exploité par une grande entreprise de distribution desservant de nombreuses localités. Dans ces circonstances, les frais d'exploitation et les charges de chaque concessionnaire sont impossibles à établir. Le même personnel est occupé à différents services, et une répartition des dépenses qui sont afférentes à chacun de ces services risquerait d'être arbitraire et de donner lieu à des contestations. Les mêmes difficultés se reproduiront pour l'emploi du matériel neuf et usagé, pour les réparations, pour la ventilation des frais généraux, des charges financières, des impôts et redevances. Dans des cas semblables, on pourra, pour éviter des complications inextricables, admettre que les dépenses sont proportionnelles au capital engagé dans le réseau, y compris les subventions allouées par l'Etat et les frais des extensions successives de la distribution. L'évaluation ainsi faite, supposant que la situation économique ne se modifie pas au cours de la concession, les recettes à mettre en balance pour le calcul des bénéfices devront être non les recettes brutes effectivement réalisées, mais celles-ci diminuées de la partie des dépenses d'exploitation qui correspond à l'augmentation du prix de la main-d'œuvre et des matériaux. Pour obtenir cette différence, il suffira, si les coefficients des index économiques sont tels que la majoration des tarifs compense exactement la variation des prix, de ne pas tenir compte du jeu de ces index.

Des observations précédentes, il résulte que, lorsqu'il s'agira d'un réseau s'étendant sur un grand nombre de communes, il sera plus que jamais nécessaire de fixer le loyer des installations à la charge de la commune soit à un chiffre fixe, soit à une proportion déterminée des recettes brutes.

(1) Voir circulaires du ministre des travaux publics du 24 novembre 1919 et du 17 janvier 1920.

LE GRAISSAGE
DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

L'article sur le graissage des moteurs électriques, paru dans l'*Electricien*, page 158, me suggère de vous communiquer une observation de pratique.

Assez souvent, j'ai vu des paliers de dynamos perdant l'huile. En général j'ai réussi à éviter cette perte après une observation soigneuse de l'arbre, du coussinet et de la boîte à huile.

Un cas fréquent est celui où l'huile trouve un chemin plus facile à suivre l'arbre qu'à tomber dans la boîte après utilisation... Généralement l'arbre est retranché et vient buter avec un léger jeu transversal contre le coussinet. L'huile amenée par la bague à la partie médiane supérieure du coussinet s'infiltre par l'entaille de ce dernier sur l'arbre, dans les pattes d'araignée, et arrive dans un petit canal collecteur creusé à la périphérie interne du coussinet près de chacune de ses extrémités, d'où elle doit retomber, par des trous percés à la partie inférieure, dans la boîte à huile. Mais ces trous sont mal percés, insuffisants, obstinés, le canal circulaire également... Alors l'huile continue son chemin sur l'arbre pour aller tomber à l'extérieur du palier ou dans l'induit ou la poulie. Il faut donc bien dégager le canal circulaire, les trous d'évacuation, et même, avec une lime ronde, faire soigneusement de petites entailles à l'extrémité du coussinet pour donner à l'huile un dégagement radial entre ce dernier et l'arbre qui s'appuie contre lui dans son mouvement transversal.

FORNARO.

Inventions. — Appareils et procdés nouveaux.

RÉGULATION DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

L'induit 18 d'une machine secondaire de régulation (fig. 1) est disposé dans le circuit de l'enroulement de champ 26 de la machine principale, laquelle peut fonctionner comme moteur à caractéristiques série; dans le freinage avec récupération, elle fonctionne comme génératrice à caractéristique shunt. Le voltage de la machine secondaire s'oppose à celui des conducteurs principaux 22, 23. L'induit 15 de la machine principale est connecté

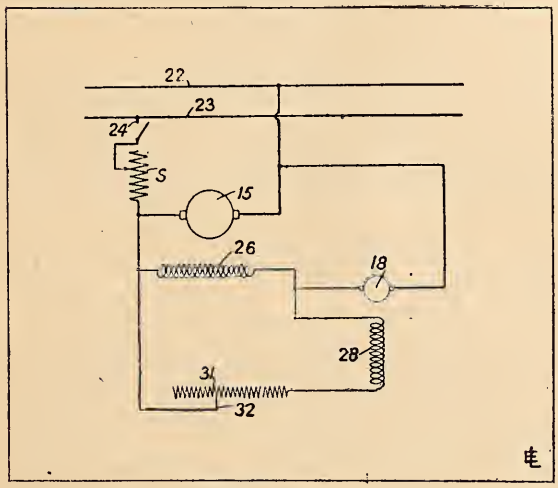


fig. 1.

aux conducteurs d'alimentation par l'intermédiaire d'une résistance de démarrage *s*. L'enroulement d'excitation 28 de la machine secondaire est monté en série avec une résistance variable 31 et aboutit aux extrémités de l'enroulement 26. L'induit 18 est conduit par un engrenage monté sur l'arbre de l'induit 15. En démarrant la machine principale comme moteur, l'interrupteur 24 est fermé et la résistance *s* supprimée graduellement; la résistance 31 est alors mise en circuit avec l'enroulement 28 et supprimé graduellement ; par ce moyen on augmente le champ magnétique de la machine 18 en même temps que sa vitesse s'accroît peu à peu. Pour réduire la vitesse et obtenir le freinage avec récupération, le curseur 32 de la résistance est déplacé pour ne laisser en service qu'une partie de la résistance 31 ou la supprimer complètement. (Br. Angl. 135.861.)

CONTROLE DE LA TEMPÉRATURE DES FERS A REPASSER.

La température d'un fer à repasser électrique est contrôlée (fig. 2) par un thermostat constitué par un élément expansible telle qu'une bande bimétallique 12 disposée pour s'engager au milieu d'une articulation 15 et d'un levier 16. Un taquet d'arrêt réglable 48 lui permet d'agir par l'intermédiaire d'un mécanisme d'articulation convenable sur le bras 45 d'un commutateur à action rapide. Aucun mouvement du mécanisme d'articulation ou du commutateur n'a lieu avant que le taquet 48 ne soit engagé par le levier 16; cet arrêt détermine ainsi la température à laquelle le fer peut être chauffé. Le mécanisme articulé est disposé dans une boîte 19 placée à l'arrière du fer et se compose d'une tige 22 sur laquelle peut s'ajuster le taquet 48 d'un levier avec bras court 23 et bras long 26, d'une articulation 27, d'un second levier 28, 30 et d'un tige 31 contrôlée par un ressort et possédant une

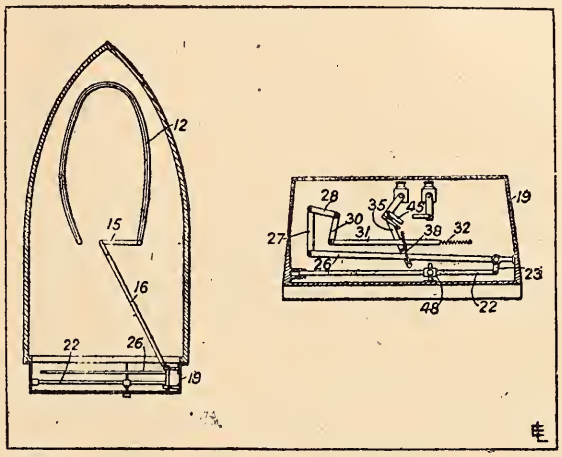


fig. 2.

fente à travers laquelle passe un levier 35 tournant sur un pivot et faisant agir directement le bras du commutateur 45. Un ressort 38 est connecté à la partie la plus basse du levier 35 de sorte qu'un mouvement rapide soit transmis au bras du commutateur lorsque le levier 35 passe d'un côté à l'autre de sa position centrale. Le ressort 32 attaché à la tige 31 fait à nouveau fermer le circuit lorsque la température tombe. (Br. Angl. 137.352.)

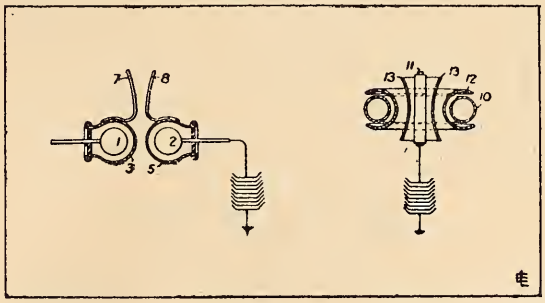


fig. 3.

APPAREIL DE PROTECTION CONTRE LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES ET EXCÈS DE VOLTAGE.

Cet appareil se compose (fig. 3) d'électrodes sphériques 1, 2, protégées contre l'eau par des feuilles de métal 3, 5 dont le contour suit les surfaces équipotentielles par rapport aux électrodes. Les cornes 7, 8 peuvent être attachées aux feuilles. Dans une variante, une des électrodes a la forme d'un anneau 10 et l'autre est constituée par un cylindre 11, les feuilles 12, 13 étant de la forme indiquée. (Br. Angl. 138.205.) MM.

PROJET DE CAHIER DES CHARGES

POUR LA

Fourniture des conducteurs d'électricité en aluminium.

PROJET SOUMIS A L'ENQUÊTE PUBLIQUE. — Les observations devront être adressées avant le 15 août 1920 au Ministère du Commerce (Commission permanente de standardisation).

ARTICLE PREMIER. — **DISPOSITIONS GÉNÉRALES.**

§ 1er. — **Objet du cahier des charges.**

Le présent cahier des charges définit les conditions de réception des conducteurs d'électricité, c'est-à-dire des fils, câbles en aluminium et câbles en aluminium à âme d'acier.

§ 2. — **Définition de l'aluminium employé pour la fabrication des conducteurs d'électricité.**

L'aluminium commercial employé pour la fabrication des conducteurs d'électricité sera l'aluminium de deuxième catégorie contenant au moins 99 pour 100 d'aluminium pur et répondant aux conditions du cahier des charges relatif à la fourniture de l'aluminium en lingots.

D'autre part, la tolérance sur la teneur en éléments étrangers autres que le fer, le silicium et l'alumine sera seulement de 0,2 pour 100.

Le métal ainsi défini sera utilisé à l'état écroui pour la construction des conducteurs suspendus et à l'état recuit pour les autres conducteurs (câbles isolés et armés, barres de connexion, pièces de machines et d'appareillage etc.).

§ 3. — **Rédaction des commandes.**

Après avoir indiqué les dimensions et les quantités ou les poids des produits, les commandes indiqueront la catégorie de métal demandé et le numéro d'ordre du présent cahier des charges.

ART. 2. — **FABRICATION**

§ 1er. — **Surveillance.**

Les agents réceptionnaires auront libre accès dans les ateliers de l'usine productrice où s'effectue la fabrication des produits dont ils doivent assurer la recette.

Ils pourront, dans la mesure où cela ne constituera pas une gêne incompatible avec une fabrication normale, faire opposer devant eux des repères sur une certaine quantité des produits en cours d'élaboration, de façon à pouvoir suivre les passages d'une opération à la suivante.

ART. — 3. **PRÉSENTATION DES PRODUITS**

§ 1er. — **Formation des lots.**

Les produits présentés en recette seront séparés en lots. Chaque lot comprendra un nombre de tourets dont le poids total sera au plus de 5 tonnes.

Les conducteurs en aluminium doivent être livrés sur tourets en bon état, dont la tare sera indiquée de façon apparente sur une des joues ; en outre, ces tourets devront être numérotés ; toutes ces indications devront être portées d'une façon indélébile.

L'enroulement du câble sur les tourets devra être fait avec le plus grand soin et par couches bien superposées. Les diverses couches d'un même touret devront être séparées par une enveloppe en toile. La couche extérieure devra être protégée par une enveloppe résistante.

§ 2. — **Présentation en recette.**

La présentation en recette sera faite par note remise à l'agent réceptionnaire.

Cette note, dûment signée et établie sous la responsabilité du directeur de l'usine, reproduira les indications de la commande.

ART. 4. — **VÉRIFICATION EXTÉRIEURE DES PRODUITS**

§ 1er. — **Examen des surfaces.**

a) Les surfaces des produits devront être exemptes de solutions de continuité et d'inclusions de matières étrangères pénétrant dans la région limitée par les tolérances en moins sur les dimensions.

b) Les extrémités des fils ou des câbles seront coupées par les procédés d'usage courant : à la cisaille, à la scie à chaud ou à froid. Les bavures seront enlevées.

§ 2. — **Tolérances sur les dimensions.**

La mesure du diamètre des brins constituant les conducteurs donnera lieu à une tolérance ne dépassant pas ± 2 pour 100.

ART. 5. — **DÉFINITION DES ESSAIS A EFFECTUER AVANT RÉCEPTION**

§ 1er. — **Enumération des essais.**

a) Les épreuves spéciales à la réception des conducteurs d'électricité sont les suivantes :

1° Essais de traction (aluminium écroui et aluminium recuit) ;

2° Essais d'enroulement (aluminium écroui et aluminium recuit) ;

3° Essais de pliage (aluminium recuit seulement).

b) Il sera fait un essai de traction, un essai de pliage et un essai d'enroulement par touret pour les conducteurs non suspendus (aluminium recuit) et un essai de traction et un essai d'enroulement pour les conducteurs suspendus (aluminium écroui).

§ 2. — **Méthodes d'essai.**

Les essais de traction seront effectués conformément aux prescriptions contenues dans le Recueil des méthodes d'essais mécaniques usuelles unifiées (fascicule A_2-I).

Les essais d'enroulement seront effectués d'après la méthode suivante :

Chaque brin composant devra subir un essai d'enroulement et de déroulement sur son propre diamètre, de façon à obtenir des spires jointives.

Les essais de pliage seront effectués conformément aux prescriptions contenues dans le Recueil des méthodes d'essais mécaniques usuelles unifiées (fascicule A_2-I), sur arrondis de 3 millimètres de rayon pour les fils de 1 millimètre à 2 mm. 5 de diamètre, et sur des arrondis de 6 millimètres de rayon pour les fils de 3 millimètres à 5 millimètres de diamètre.

ART. 6. — **PRÉLÈVEMENT DES ÉPROUVETTES.**

§ 1er. — **Mode de prélèvement.**

Les éprouvettes destinées aux essais mécaniques seront en principe découpées à froid dans les conducteurs ou dans les brins constituant les conducteurs choisis par l'agent réceptionnaire.

§ 2. — **Dimensions des éprouvettes.**

Les éprouvettes prélevées dans les brins constituant les conducteurs auront le diamètre de ces brins et une longueur permettant de mesurer les allongements d'après la formule :

$$L = \sqrt{66{,}67\ S},$$ S étant la section du brin.

§ 3. — **Marquage des éprouvettes.**

Les témoins prélevés pour la préparation des éprouvettes seront tracés, repérés et poinçonnés sous le contrôle de l'agent réceptionnaire.

Au cours de la préparation des éprouvettes, les repères et poinçons ne pourront être détruits, puis reportés qu'en présence de cet agent.

Art. 7. — RÉSULTATS A OBTENIR DANS LES ESSAIS

§ 1er. — **Essais de traction.**

Les éprouvettes prélevées dans les conducteurs devront donner les résultats suivants :

Aluminium recuit (conducteurs non suspendus).

R. max. = 9 kilogr. par millimètre carré.
A. p. 100 min. = 30.

b) *Aluminium écroui (conducteurs suspendus).*

R. min. = 20 kilogr. par millimètre carré.
E. min. = 11 — —
A. p. 100 min. = 2.

Ces caractéristiques seront exigées pour les fils de 35/10es de millimètre et au-dessous. Pour les fils de diamètre supérieur, la résistance à la rupture devra être de 18 kilogrammes par millimètre carré jusqu'à 50/10es de millimètre.

Les mesures de résistance mécanique donneront lieu à une tolérance de 2,5 p. 100.

A défaut de mesure directe possible, la mesure de la résistance mécanique d'un câble se fera par la mesure de la résistance des brins composants, et on comptera pour la résistance à la rupture du câble par millimètre carré de section utile (la section utile étant la somme des sections des brins composants) les 85/100es de la somme des résistances à la rupture des brins composants.

Pour les câbles avec âme en acier, on comptera pour la résistance totale à la rupture les 85/100es de la somme des résistances totales de l'âme en acier et des brins d'aluminium composants.

§ 2. — **Essais d'enroulement.**

Chaque brin composant (aluminium écroui et aluminium recuit, devra pouvoir subir, sans crique ni rupture, l'essai d'enroulement et de déroulement (sur son propre diamètre), de manière à obtenir six spires jointives.

§ 3. — **Essai de pliage (aluminium recuit seulement).**

Le nombre des pliages exigés sont les suivants :

Arrondi de 3 millimètres de rayon.	25 pliages minimum pour fil de	1m/m0
	20 pliages minimum pour fil de	1m/m5
	15 pliages minimum pour fil de	2m/m0
	10 pliages minimum pour fil de	2m/m5
Arrondi de 6 millimètres de rayon.	15 pliages minimum pour fil de	3m/m0
	12 pliages minimum pour fil de	4m/m0
	10 pliages minimum pour fil de	5m/m0

§ 4. — **Interprétation des résultats. Contre-essais.**

Tout essai de traction, de pliage ou d'enroulement insuffisant pourra donner lieu à deux contre-essais.

Le lot sera reçu si les deux contre-essais sont satisfaisants. Dans le cas contraire, le lot sera refusé.

Art. 8 — MARQUES A APPOSER SUR LES PRODUITS

Les conducteurs ayant satisfait aux épreuves de recette recevront, à l'une de leurs extrémités, les marques suivantes :

a) Les marques caractérisant le métal, à savoir 0 pour le métal recuit et 4 pour le métal écroui;

b) La marque de l'usine productrice;

c) Le poinçon de l'agent réceptionnaire.

NOTE 1. — A titre d'indication, l'aluminium défini à l'article 1er présente les propriétés électriques suivantes :

La résistivité à 20 degrés centigrades de l'aluminium commercial recuit (le recuit étant fait à température de 400 degrés pendant trois heures) sera au plus égale à 2,89 micro-ohms-centimètre (ohm international).

Pour l'aluminium écroui, on comptera sur une résistivité de 2 pour 100 plus élevée.

La mesure de la résistivité se fera toujours sur des échantillons préalablement recuits. La tolérance sera de 1 pour 100.

La valeur de la résistivité ainsi fixée, jointe à la valeur de la résistance mécanique de l'aluminium recuit, caractérise, avec une approximation pratiquement suffisante, la pureté de l'aluminium commercial dont la valeur a été fixée à l'article 1er.

On prendra pour coefficient de température à 20 degrés la valeur 0,0039, de sorte que la résistivité à t degré centigrade sera :

$$Rt = 2.89\ [1 + 0{,}0039\ (t - 20)].$$

NOTE 2. — Lorsque le fabricant sera obligé de recourir à des soudures des conducteurs entrant dans la composition des câbles en aluminium, ces soudures devront être réparties sur la longueur du câble de telle sorte qu'elles ne se trouvent pas dans une même section.

Il est rappelé que le conducteur en acier des câbles en aluminium à âme d'acier doit être revêtu d'une couche de zinc.

L'ECOLE DE L'ÉLECTRICIEN

NOTRE CONCOURS

Envois de solutions de séries de problèmes ayant obtenu *au moins la note 14 :*

5e série, problèmes nos 19 et 20.

MM. Baratin, Bécot, Boutès, Cotardière, Compagnion. Darville, Deblock, Granjean, Grégoire, Jeannet, Hanot, Lamy, Leclerc, Marchand, Marzolin, Merlat, Pacaut, Picherit. Rau, Thomas R.

6e série, problèmes nos 21 à 24 :

MM. Baratin, Boutès, Cotardière, Compagnion, Darville, Ferté, Hanot, Lamy, Leclerc, Marchand, Marzolin, Merlat, Pacaut, Picherit, Rau.

Omis, 4e série : MM. Jeannet-Leclerc.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 112. — Un de mes collègues lecteurs pourrait-il me renseigner sur :

1° Qui peut m'enseigner un ouvrage complet ou, à défaut, des travaux récents sur les diamagnétiques et leurs indices d'isolement.

2° Une bonne maison vendant du mica en feuilles d'une certaine surface.

N° 114. — Quel est le procédé moderne de fabrication *économique* de l'acétate de cuivre, employée sous le nom de *Verdet* en viticulture.

Si c'est par le traitement du cuivre par électrolyse quel est le procédé ?

N° 115. — Je vous serais très obligé de bien vouloir me donner les renseignements sur le mode d'enroulement des transformateurs triphasés dit montage en zigzag et quel est l'avantage sur celui en étoile.

N° 116. — Pourrait-on me donner une formule ou une méthode rapide de calculer un rhéostat de démarrage pour moteur asynchrone triphasé sans avoir recours au constructeur pour avoir l'intensité rotorique ?

N° 117. — Les habitants de Chevreuse (S.-et-O.) demandent une distribution d'électricité (force motrice et lumière). S'adresser à M. Flauron, vice-président du Comité d'initiative à Chevreuse (S.-et-O.).

N° 118. — Où pourrait-on trouver un ouvrage traitant les huiles industrielles pour emploi dans tout geure de mécanique.

RÉPONSES

N° 79. — Pour charger des accus sur distribution à courant alternatif, je viens d'installer une soupape électrolytique Nodon fabriquée par la société Mors, 7, rue Duranti, à Paris. Cette soupape est constituée par une électrode d'aluminium et une de plomb plongeant dans une solution à l'eau distillée de sulfate de soude. Elle fonctionne sans surveillance, sans bruit, l'entretien est insignifiant et elle supporte les surcharges. Le seul inconvénient est le *démarrage*. Ce démarrage est une polarisation des électrodes et doit se faire en un temps variant de quelques secondes à 2 minutes, sous tension réduite au moyen d'un rhéostat pour amener progressivement à l'intensité d'emploi, sans quoi le courant alternatif passe et détruit rapidement les électrodes. Aussi j'ai dû combiner un petit disjoncteur, très simple d'ailleurs, pour couper le circuit des accus en cas de manque de courant.

Je crois que cette soupape serait assez facile à fabriquer soi-même, mais qu'on n'obtiendrait pas une aussi grande longévité des électrodes qu'avec l'appareil fourni par un spécialiste.

N° 95 R. — Voici deux procédés pour régénérer les poreux des piles Leclanché :

1° Les plonger 24 à 28 heures dans une solution d'acide sulfurique titrant 10 à 18° Baumé. Les laver ensuite à grande eau et remonter l'élément.

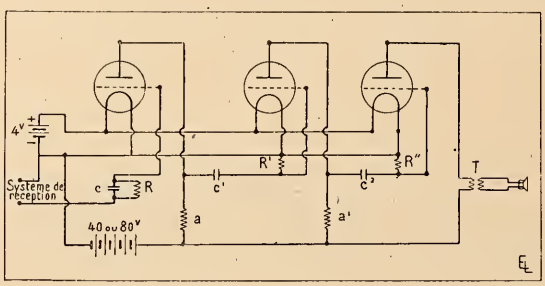
2° Les plonger pendant 24 heures dans : acide chlorhydrique, 1 partie ; eau, 5 parties. Les laver ensuite et les aisser dans l'eau pure pendant 48 heures en changeant l'eau après 24 heures. (Il n'est pas nécessaire que les sacs restent 24 heures.)

FORNARO.

N° 95 R. — L'*Electricité pour tous*, organe officiel de l'Association des électriciens à Bruxelles, donne un article correspondant à la demande du n° 95 de l'*Electricien* du 1er juin 1920.

Régénération des positifs usagés des piles Leclanché : *Annales des Postes et Télégraphes*, mars 1919. Il s'agit d'éléments à agglomérer de bioxyde de magnésie ; en soumettant des éléments usagés de ce genre à un courant régénérateur de 2-3 ampères pendant cinq à huit heures, dans un bain d'eau acidulée (10 % d'acide sulfurique) la cathode étant une spirale de cuivre disposée autour du positif, on peut régénérer économiquement ces positifs ; il est possible de faire sept ou huit régénérations successives et de prolonger ainsi très appréciablement la durée du positif ; la dépense d'énergie est insignifiante.

N° 109 R. — Ci-dessous le schéma que vous demandez.



Légende :

$$C = C_1 = C_2 = \frac{1}{100.000} \text{ m. f.}$$

$$R = R' = R'' = 4\,\Omega \text{ (mégohms)}$$

$$\alpha = \alpha' = 80.000\ \omega.$$

En T, il est préférable d'utiliser un transformateur. Pour la réception en O. E. l'amplificateur à résistances ne se prête pas bien au montage avec hétérodyne Il vaut mieux construire directement une hétérodyne et agir sur le système de réception (Voir article prochain dans l'*Electricien*.)

MAURER.

N° 110 R. — Pour la réalisation pratique d'un frein de Prony, voyez l'*Electricien* du 15 juin 1920, p. 252.

N° 101 R. — L'article publié dans le présent numéro page 304, répond à votre demande sur le calcul des rhéostats.

N° 118 R. — Demandez à la librairie Dunod l'ouvrage *Les huiles industrielles et leurs dérivés*, par J. Fribach (1920).

Le Gérant : L. DE SOYE.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, Ve.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1257. 1er Août 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.
Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien;
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

MM.
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique;
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

LA HOUILLE BLANCHE

Installation Hydro-Electrique par eau récupérée

L'USINE DES VERNES

L'installation hydro-électrique des Vernes constitue un bel exemple d'utilisation intégrale de la houille blanche. Là il n'existait pas de chûte naturelle à aménager, mais en récupérant les eaux d'une installation existante à un étage supérieur, on a « créé » une production de force de 7.000 chevaux. Il est à souhaiter que des études similaires développent ainsi la puissance, — et la valeur, — des forces hydrauliques de nos grands massifs montagneux.

L'usine des Vernes est située sur la rive gauche de la Romanche et en contre-bas de l'usine de Livet dont elle est distante d'environ 950 mètres.

Un double problème était posé pour la construction de l'usine des Vernes :

1° Conserver la beauté du site si admirable qu'offre la région où l'on devait construire l'usine.

2° Utiliser les eaux à la sortie des canaux de fuite des usines de Livet pouvant donner un débit de 35 mètres cubes environ à la seconde, sous une hauteur de chute de 20 mètres environ au-dessus du niveau normal de la Romanche, dans laquelle a lieu l'évacuation des eaux.

Pour la première condition posée, la beauté du site fut conservée en donnant aux bâtiments de l'usine une disposition générale très décorative et artistique, avec bassins et chutes d'eau, comme le représente la figure 1 ci-après, dont la vue est prise à la cote de 630 mètres d'altitude.

En second lieu, pour utiliser les eaux de fuite des usines de Livet, la partie la plus difficile de la construction consistait à percer dans le roc, sous la montagne, un tunnel d'environ 600 mètres de longueur.

Virtuellement abandonné avant la guerre, du fait de difficultés de propriété, considérées comme insurmontables, cette chute fit l'objet d'un projet nouveau conçu et mis sur pied fin 1916 par M. Ch.-A. Keller.

Commencés effectivement le 1er avril 1917, les

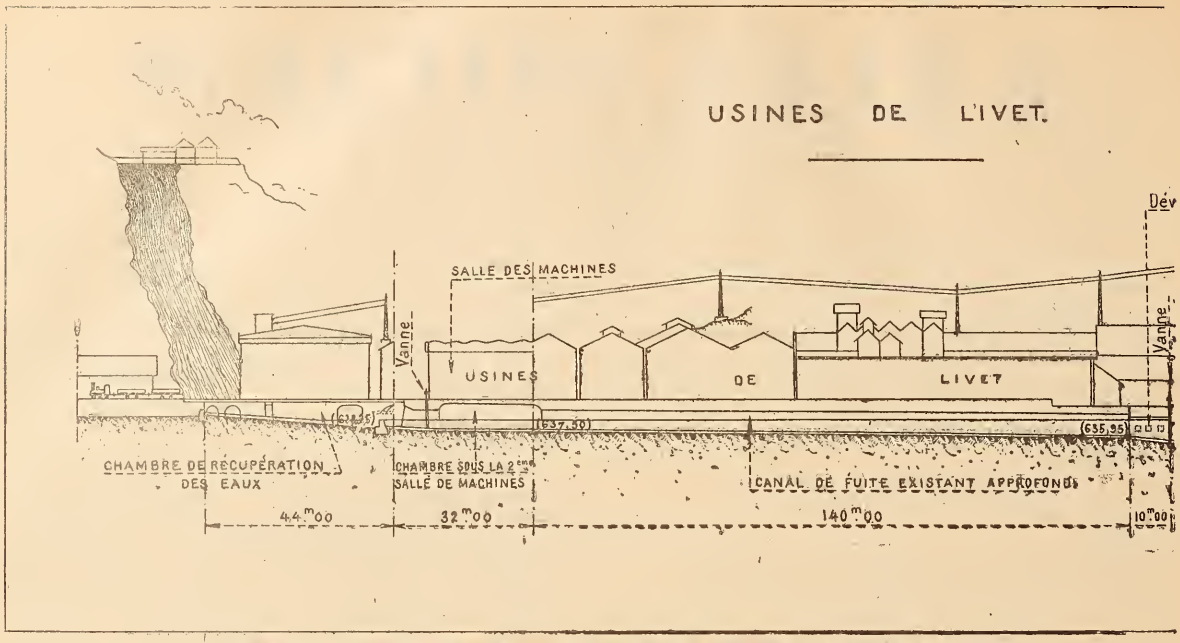


Fig. 1. — Coupe en long suivant l'axe de la distribution hydraulique.

travaux ont été exécutés en seize mois, comprenant un hiver pendant lequel une grande partie de l'exécution extérieure fut suspendue.

Toutes les études techniques du projet ont été faites par les services de la Société Keller et Leleux.

La mise en pression des ouvrages hydrauliques a été effectuée le 27 juillet 1918, sans aucun incident.

La main-d'œuvre a été presque exclusivement composée de prisonniers allemands.

Tout particulièrement, le tunnel a été miné par eux, sous la conduite seulement de quelques ouvriers professionnels.

CARACTÉRISTIQUE DES INSTALLATIONS

Débit dérivé par seconde.....	35.000 lit.
Différence de niveau réalisée...	20m,50
Canal souterrain sous l'usine, longueur.....	208 mètres.
Tunnel sous la montagne : section.	15 m².
longueur.....	620 mètres.
Diamètre des deux conduites d'acier alimentant les turbines.....	2m,500.
Puissance de chacun des deux groupes hydroélectriques	3.500 chev.

CARACTÉRISTIQUE DES TRAVAUX

Nombre de mètres cubes de rocher minés à la dynamite.....	15.000 m³.
Quantité de dynamite employée...	25.000 kil.
Nombre de mètres cubes de terre enlevée.....	22.810 m³.
Nombre moyen d'ouvriers sur le chantier pendant les travaux.....	350 ouvr.
Total des journées d'ouvriers mis en jeu.....	167.000 j.
Quantité de ciment employé dans la construction.....	1.900.000 k.
Puissance employée pour le chantier	250 chev.

PARTICULARITÉS

a) La chute des Vernes n'a nécessité ni barrage, ni chambre de décantation, puisqu'elle utilise les eaux à la sortie même des canaux de fuite des usines de Livet.

b) La chambre de mise en charge réalise une disposition nouvelle pour solutionner le cas spécial des ouvrages des Vernes, du fait de leur alimentation directe par les canaux de fuite.

UTILISATION

La puissance nominale de 7.000 chevaux ainsi obtenue correspond à l'ouverture d'une mine de houille de 40.000 tonnes par an, au meilleur taux de consommation actuelle de charbon pour la génération de cette puissance, appoint dont l'importance métallurgique est caractérisée par les définitions comparatives suivantes :

On peut désormais fabriquer en plus par an, à Livet, « sans charbon » :

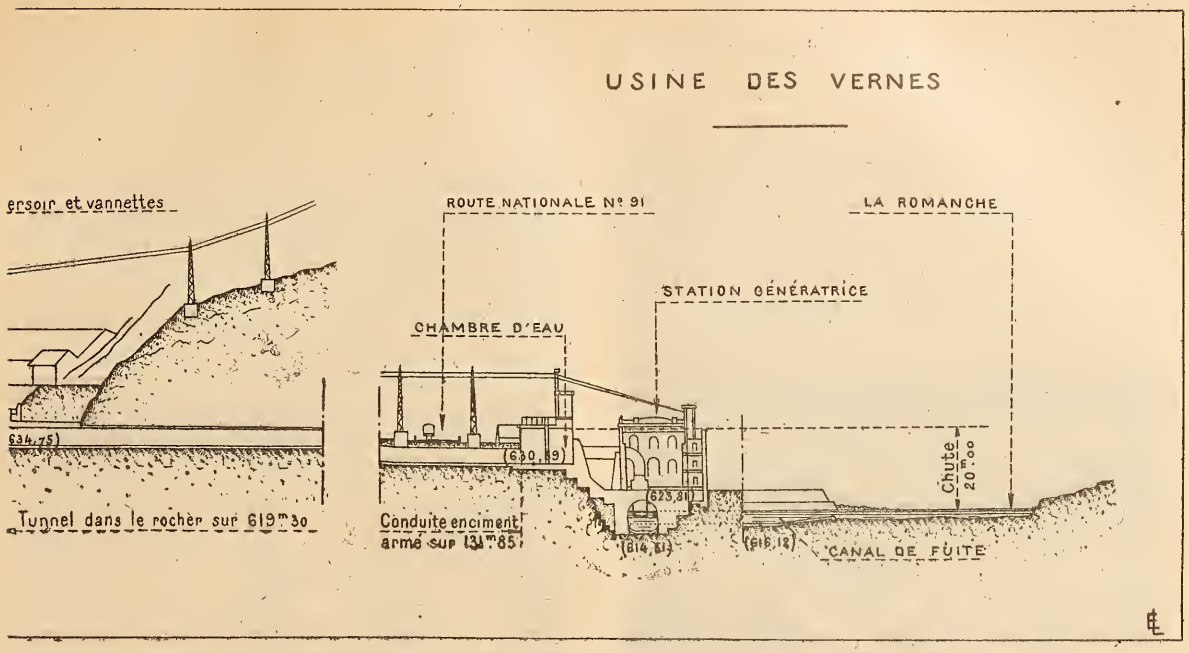


Fig 1 *bis*. — Coupe en long suivant l'axe de la distribution hydraulique.

Soit 25.000 tonnes de fonte synthétique.

Soit 5.000 tonnes de carbure de calcium pour transformation en cyanamide ou en acide nitrique synthétique.

INSTALLATION HYDRAULIQUE

Les ouvrages d'amenée d'eau de l'usine des Vernes sont la continuation des canaux de fuite des usines de Livet qui ont à cet effet été réunis entre eux par des travaux effectués sous les usines actuelles, et sous certaines de leurs unités en marche sans arrêt de ces dernières.

Les eaux ainsi collectées arrivent d'abord à une chambre intermédiaire ouverte munie d'un déversoir de surface pour un débit partiel, puis sont introduites dans un tunnel de 620 mètres de longueur et de 16 m² de section creusé entièrement dans le rocher (fig. 2) et prolongé par une conduite en ciment armé de 132 mètres de longueur et de 3m,600 de diamètre, installée au fond d'une tranchée profonde de 11 mètres, puis recouverte.

La conduite passe sous la route nationale n° 91 et sous la voie ferrée, portées toutes deux par un pont en ciment armé, et aboutit à une chambre circulaire de mise en charge.

La conduite en ciment armé est mise sous une pression de 8m,50 à l'aval.

La construction des ouvrages hydrauliques a présenté de sérieuses difficultés du fait de la profondeur à laquelle ils se trouvent par rapport au sol voisin, ce qui a obligé à remonter par des puits de plus de 10 mètres de profondeur le cube important des matériaux d'extraction et des eaux d'infiltration.

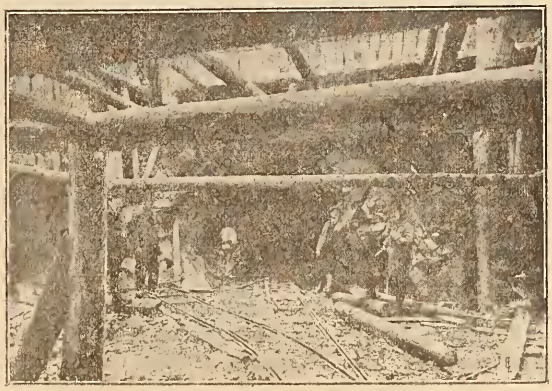


Fig. 2. — Raccordement inférieur d'un puits avec le tunnel.

De même il a fallu construire la conduite en ciment armé au fond d'une fouille profonde boisée et fortement étayée, comme le montre la figure 3.

Les travaux du tunnel ont été divisés en quatre secteurs desservis chacun par un puits de service; la figure 2 représente précisément le raccordement inférieur d'un puits avec la galerie souterraine, ou tunnel.

L'examen de ces figures montre l'importance remarquable des travaux effectués en sous-sol comme en surface.

Le minage entièrement fait à l'air comprimé a nécessité l'installation de trois stations électriques de compression d'une puissance totale de 200 chevaux.

La chambre de mise en charge (fig. 4) correspond à une disposition hydraulique étudiée par M. Ch.-A. Keller. Elle est construite en ciment armé et est constituée par un réservoir circulaire A de 12 mètres de diamètre, alimentant les deux conduites

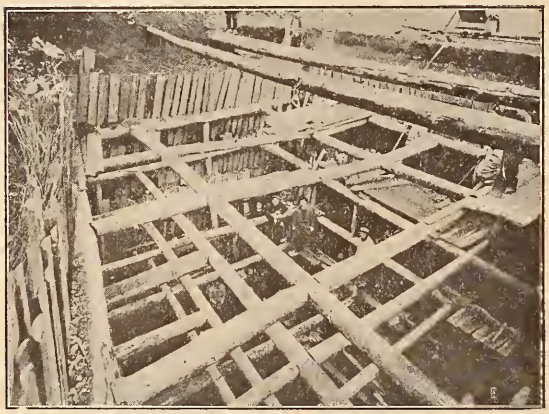


Fig. 3. — Fouille profonde boisée pour la construction, à 12 mètres de profondeur, de la conduite en ciment armé.

aboutissant aux turbines. La paroi supérieure forme déversoir dans un bassin de décharge B pour amener les eaux de trop plein à une chambre de décharge réunie à deux conduites en acier de mètres de diamètre que l'on voit à droite de la vue (fig. 6).

Cette disposition particulière permet de réaliser le déversoir de surface nécessaire en cas de ralentissement ou d'arrêt de l'usine et d'assurer l'évacuation rationnelle et sûre du débit important qui peut être ainsi libéré instantanément.

A remarquer que le niveau profond des ouvrages d'amenée et leur éloignement du cours d'eau rendaient l'organisation d'un déversoir de surface habituel impossible et pourtant celui-ci est dans le cas présent strictement indispensable; l'eau ne pouvant refouler suffisamment à l'amont déterminerait, si elle n'était pas évacuée à l'aval, la mise en pression, et des risques de rupture des canaux de fuite continuant à être alimentés par les turbines des usines de Livet.

La galerie extérieure recevant les eaux du déversoir de la chambre de charge alimente ainsi les deux tuyaux d'évacuation qui fonctionnent avec une vitesse de sortie qui est réglée naturellement par le débit à évacuer, lequel détermine la hauteur d'emplissage donnant lieu à la vitesse nécessaire.

Ce fonctionnement ayant comme maximum l'emplissage de la chambre, les tuyaux mis alors en pression sur orifice libre, la vitesse de sortie est à ce moment de 15 mètres à la seconde, et tout le débit peut être évacué. Ces dispositions particulières permettent l'évacuation sous pression des eaux de « reflux » d'un débit de 35.000 litres par seconde.

Pour atténuer la vitesse d'écoulement de l'eau

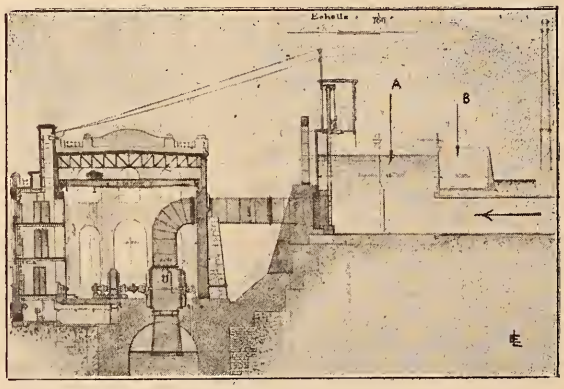


Fig. 4. — Distribution hydraulique.
A. Chambre de mise en charge. — B. Bassin de trop-plein.

les orifices de sortie sont noyés dans les eaux du canal de fuite.

Cette disposition générale présente le grand avantage de restituer les eaux de reflux dans un temps pratiquement nul au canal de fuite même de sorte que les variations de charge et arrêts ne déterminent aucune variation momentanée de débit, et, en conséquence, aucun trouble ne peut être apporté au fonctionnement des usines aval.

La paroi aval de la chambre de mise en charge comporte deux vannes étanches obturant chacune une conduite en acier de 2 m, 500 de diamètre chacune d'elles alimentant une turbine de 3.500 ch.

Ces vannes sont actionnées électriquement, au moyen de deux moteurs de 25 ch. chacun. Leur commande est séparée. Elle s'effectue dutable au de distribution de la station génératrice. Les fins de course sont automatiques et réglées électriquement.

Chacun des deux groupes hydro-électriques de la station se trouve rendu indépendant et peut être isolé des ouvrages hydrauliques par la manœuvre

de la vanne correspondante qui est effectuée pour toute la course en 3 minutes.

Pour mieux assurer la stabilité de l'ensemble des constructions de la chambre de mise en charge,

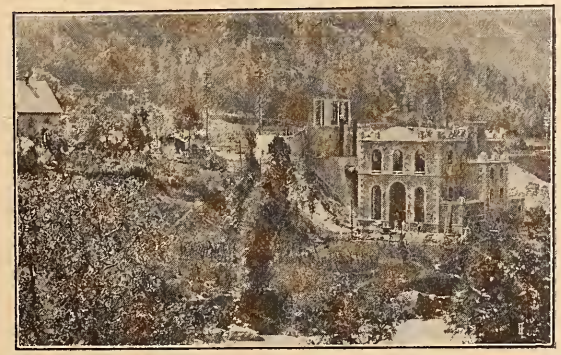


Fig. 5. — Usine en construction, vue de l'amont.

le soutènement de celle-ci et les fondations des machines constituent un monolithe en béton, supprimant d'autre part toute possibilité de vibration, soit des groupes hydro-électriques, soit du fait de la sortie violente de reflux à grand débit.

La figure 5 montre les chantiers de construc-

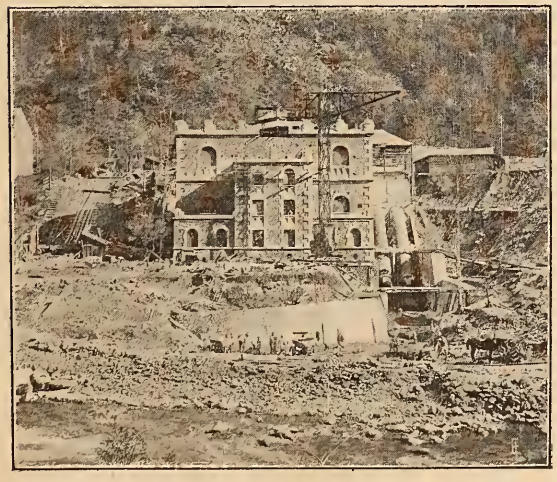


Fig. 6. — Usine en construction, vue de l'aval.

tion de l'usine en vue générale prise de l'aval, et la figure 6 la même vue générale prise de l'amont.

On remarquera en haut de la figure 5 la disposition extérieure de la chambre de mise en charge avec la superstructure de ses vannes d'arrêt, ainsi que le mur extérieur du bassin de décharge accidentelle des eaux de « reflux ».

GROUPES ELECTROGÈNES

Chaque groupe de 3.500 chevaux comporte une turbine Francis accouplée à un alternateur monophasé, représentés à la figure 8.

Chaque turbine est constituée par la réunion,

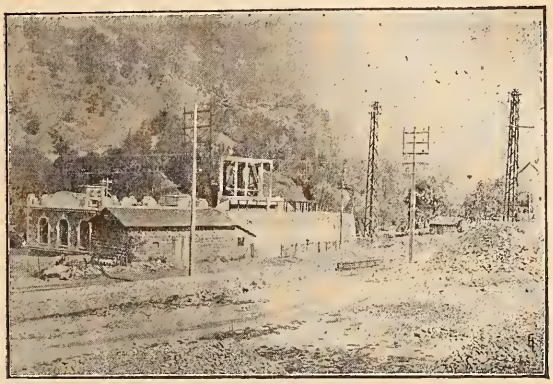


Fig. 7. — Vue d'ensemble de l'usine prise avant la décoration. On voit, au milieu, la carcasse du château d'eau destiné à déverser une cascade très décorative.

dans une même bâche, d'un système de doubles roues et distributeur. Les commandes du distributeur sont accouplées rigidement par un arbre extérieur qui reçoit son mouvement d'un régulateur à servo-moteur à huile sous pression dont le fonctionnement est rendu variable du tableau

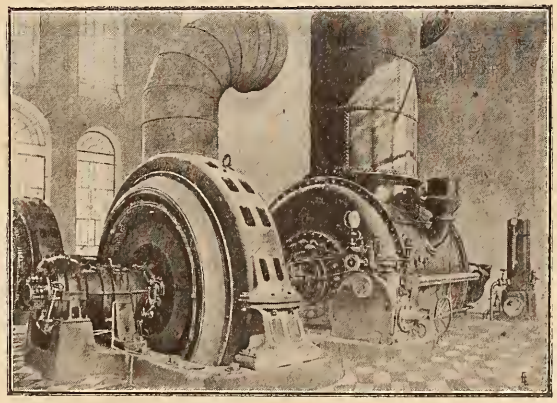


Fig. 8. — Groupe hydro-électrique de 3.500 chevaux.

de distribution, au moyen d'un petit moteur électrique.

La pression de l'huile est obtenue au moyen d'air comprimé emmagasiné dans un réservoir alimenté par un compresseur actionné par l'arbre de la turbine.

Les deux alternateurs monophasés accouplés aux turbines sont capables de développer en marche normale sur des circuits inductifs, pour lesquels cos $\Phi = 0{,}85$ à $0{,}95$, une puissance effective uni-

*

taire de 3.000 kilovolts-ampères en courant à 5.000 volts, fréquence 25, à la vitesse normale de 375 tours par minute; l'excitatrice est placée en bout d'arbre.

Il y a possibilité de variation de tension de plus ou moins 7 % par variation d'excitation au moyen de deux rhéostats.

Le stator est muni de canaux de ventilation, et le rotor porte de chaque côté un système d'ailettes de ventilation. L'air pénétrant entre l'arbre et la plaque de garde d'induit est chassé par la force centrifuge sur le bobinage, à travers l'entrefer et les canaux de l'induit (fig. 10) et il sort par les ouvertures de la carcasse.

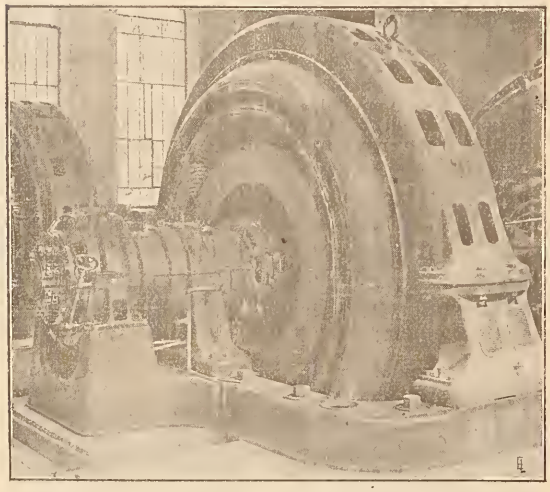


Fig. 9. — Alternateur Westinghouse de 3.000 K. V. A. à 5.000 volts.

L'induit est bobiné en étoile. Les enroulements sont constitués par des barres de cuivre de haute conductibilité.

La carcasse porte des deux côtés, et sur toute la circonférence, des « gardes d'induit » qui protègent les bobines et la partie tournante.

Les extrémités des enroulements des diverses phases aboutissent à des bornes qui sont connectées rigidement aux câbles qui vont au tableau de distribution.

Le rotor, ou partie inductrice de l'alternateur, est monté sur un croisillon qui porte les bobines inductrices.

Tous les noyaux polaires sont en acier et le croisillon qui les porte est en fonte. Les épanouissements polaires sont d'une seule pièce avec les pôles.

Un dispositif d'amortisseur très puissant a été appliqué pour empêcher le pompage et assurer le maintien du synchronisme entre les alternateur marchant en parallèle.

De cette façon toutes les parties sont rationnellement ventilées; l'isolationc, comme l'a montré la pratique, est aussi bien conservée à l'intérieur des encoches qu'à l'extérieur des bobines.

Les deux groupes électrogènes alimentent en parallèle une double ligne aérienne qui conduit le courant électrique aux usines nouvelles d'utilisation du « Champ de l'Eglise » en jonction avec les usines actuelles de Livet.

Les groupes de l'usine des Vernes fonctionnent en parallèle avec les autres sources d'énergie des usines de Livet.

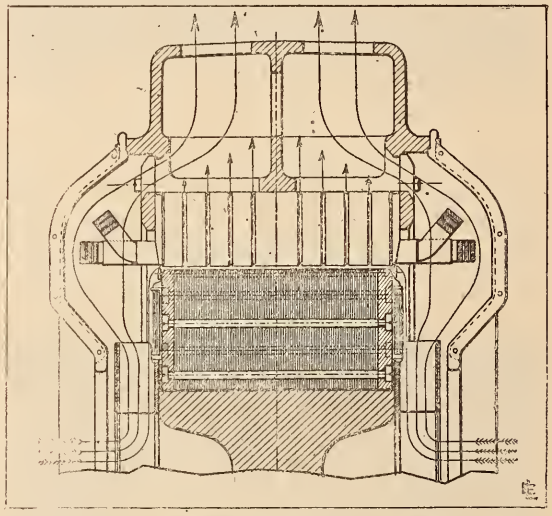


Fig. 10. — Carcasse et dispositifs de ventilation de l'alternateur.

Le tableau de distribution et de contrôle comporte toutes les manœuvres au rez-de-chaussée.

Une batterie d'accumulateurs alimente les relais des disjoncteurs automatiques. Cette batterie est chargée par le courant continu des usines de Livet par ligne spéciale.

L'usine du Champ de l'Eglise, qui utilise le courant produit par l'installation que nous venons de décrire, a été construite en vue de la fabrication sur une grande échelle des fontes synthétiques.

Les installations sont prévues pour recevoir 18.000 chevaux. Elles comprennent une série de fours électriques de 2.750 chevaux et un de 3.500 ch d'une production de 80 tonnes par jour de fontes synthétiques.

Cette usine doit comporter, par la suite, une aciérie, un service de forges et laminoirs. Sa surface couverte actuelle est de 14.000 mq.

Pierre Guieu, *Ingénieur E. P. C.*

Francis Babey, *Ingénieur A. et M.*

Vérification et Etalonnage des compteurs électriques D'ABONNÉS

Les systèmes de compteurs employés chez les abonnés étant assez nombreux, nous nous bornerons à mentionner ici les types les plus usités de la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, en nous inspirant d'ailleurs de ses méthodes d'étalonnage.

Compteurs pour courant continu.

COMPTEURS O'K.

On mettra d'abord un ampèremètre de précision en série avec le compteur et on procédera comme suit :

1° **Vérification au grand débit.** — Il faudra allumer toutes les lampes de l'installation de façon que le courant débité soit voisin du courant maximum pour lequel le compteur a été construit. On observera l'aiguille du premier cadran de droite

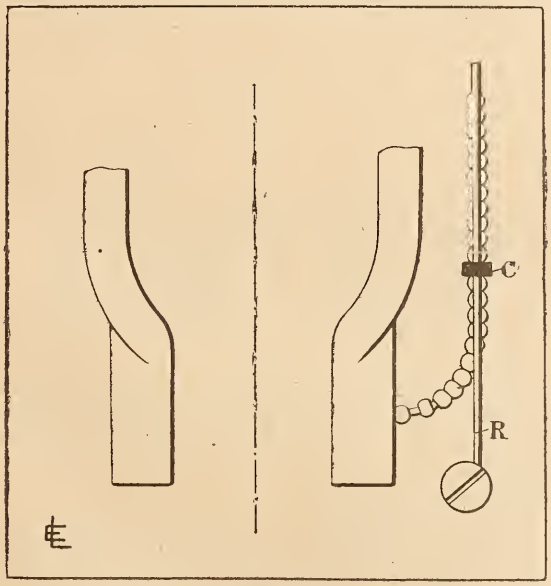


Fig. 1.

et lorsque celle-ci arrivera en face d'une division principale, on mettra en marche un chronographe. On arrêtera ce chronographe lorsque l'aiguille du premier cadran de droite sera revenue sur le trait de départ (à défaut de chronographe, on peut se servir d'une montre à seconde). Si w représente le nombre de watts-heure enregistré par le compteur pendant le temps T en secondes, I l'intensité indiquée par l'ampèremètre, E la tension du réseau (ici la tension pour laquelle le compteur a été étalonné), on devra avoir :

$$\frac{w \times 3.600}{T} = E\,I$$

Réglage au grand débit. — 1° Compteurs jusqu'à 10 ampères. — Si le compteur avance, autrement dit s'il indique un chiffre supérieur à E I, il suffira, pour effectuer le réglage, de déplacer vers le haut le curseur C le long de la résistance R (fig.1).

Si, au contraire, le compteur retarde, on déplacera le curseur C vers le bas (fig. 1).

2° Compteurs de 15 ampères et au-dessus. — Les compteurs de ces intensités sont compoundés et comportent pour le réglage au grand débit un shunt magnétique constitué par une bague circulaire B fixée à la partie inférieure de l'aimant : Si le compteur avance, il faudra faire tourner légèrement

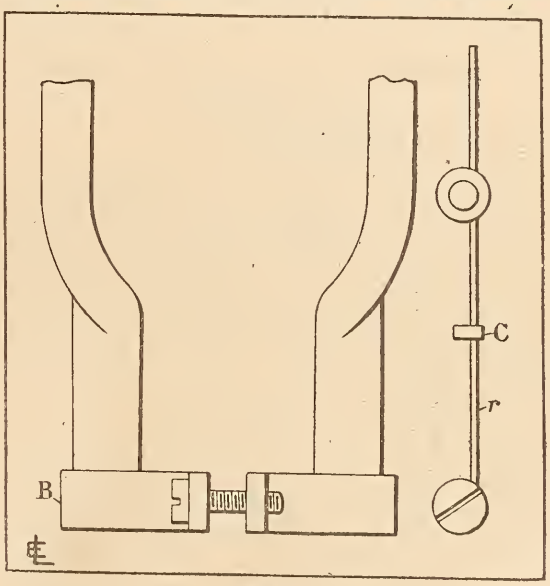


Fig. 2.

la bague de droite à gauche ; s'il retarde, il faudra la faire tourner de gauche à droite (fig. 2).

2° **Vérification au petit débit.** — L'essai se fera au 1/10 du débit maximum pour les compteurs jusqu'à 10 ampères et au 1/20 pour les compteurs de 15 ampères et au-dessus.

On comptera le nombre de tours N effectués par l'induit en un temps T exprimé en secondes. Pour cela on n'aura qu'à observer à travers la glace le passage du repère peint sur l'induit.

Pour rendre négligeables les erreurs de mise en marche et d'arrêt du chronographe, il faudra que le nombre de tours soit tel que le temps relevé soit plus grand que 40 secondes.

On aura la formule :

$$\frac{3.600 \times N \times K}{T} = E\ I$$

dans laquelle K est la constante du compteur, c'est-à-dire l'équivalent en watts-heure d'un tour de l'induit. Cette constante est toujours inscrite sur la plaque du constructeur.

Réglage au petit débit. — 1° Compteurs jusqu'à 10 ampères. — Ces compteurs ne comportent pas de dispositif de réglage au petit débit.

Si la vérification donne un chiffre s'écartant de ± 5 0/0 de l'énergie consommée, il faudra procéder à une révision de la partie mécanique proprement dite : pression des balais sur le collecteur et propreté de ces pièces, état des pivots et des saphirs, s'assurer que l'induit tourne librement.

2° Compteurs de 15 ampères et au-dessus. — Si le compteur avance il faudra remonter le curseur C vers le haut de la résistance *r*, et s'il retarde, il faudra au contraire le déplacer vers le bas (fig. 2).

Compteurs pour courant continu et alternatif.

COMPTEUR THOMSON.

Dans le cas de courant continu on emploiera un ampèremètre et un voltmètre.

Dans le cas de courant monophasé, et seulement si le circuit d'utilisation ne présente pas de self-induction (lampes à incandescence), on pourra à la rigueur employer un ampèremètre et un voltmètre (1). Si, au contraire, le circuit présente de la self (lampes à arc, par exemple), il faudra utiliser un wattmètre.

1° **Vérification au grand débit.** — On placera en série avec les gros enroulements (inducteurs) l'ampèremètre ou le circuit à gros fil du wattmètre, et on reliera aux fils d'amenée du courant le voltmètre ou le circuit dérivé du wattmètre. On fera ensuite débiter le courant voisin du maximum pour lequel le compteur a été établi, et on opérera comme précédemment par la lecture du cadran.

Si *w* représente le nombre de watts-heure enregistré par le compteur pendant le temps T en secondes, I l'intensité indiquée par l'ampèremètre et E la tension indiquée par le voltmètre, ou W l'énergie indiquée par la wattmètre, on devra avoir :

$$\frac{w \times 3.600}{T} = E\ I \text{ ou } W$$

(1) Ampèremètre et voltmètre thermiques, ou certains électromagnétiques établis à la fréquence du réseau.

Réglage au grand débit. — Si le compteur retarde, il faudra faire glisser les aimants A dans leurs rainures, de manière à les éloigner de l'axe du disque. Si au contraire le compteur avance, il faudra rapprocher les aimants de l'axe. (Pour exécuter le réglage on desserrera les vis de fixation des aimants) (fig. 3).

2° **Vérification au petit débit.** — L'essai se fera au 1/20 de la charge maxima. On opérera encore comme précédemment en comptant le nombre de tours N effectués par le disque (qui, comme l'induit du compteur O'K, comporte un repère) pendant un temps T exprimé en secondes. On devra avoir :

$$\frac{3.600 \times N \times K}{T} = E\ I \text{ ou } W$$

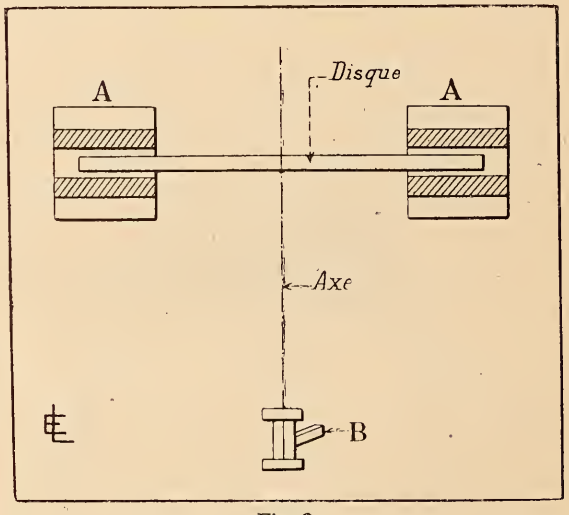


Fig. 3.

Réglage au petit débit. — Si le compteur avance, il suffira d'augmenter la pression des balais B sur le collecteur ; s'il retarde, il suffira de diminuer cette pression (fig. 3).

COMPTEUR B.

Pour ce compteur, la vérification au grand et au petit débit se fait comme nous l'avons déjà indiqué (l'ampèremètre ou la bobine à gros fil du wattmètre sera intercalée en série avec les inducteurs du compteur).

Réglage au grand débit. — Si le compteur avance, il faudra agir sur les vis V en desserrant celles-ci. Si le compteur retarde, il faudra au contraire agir sur les vis en sens contraire (fig. 4).

Réglage au petit débit. — Si le compteur avance, on retirera de la bobine la tige T ; s'il retarde, on enfoncera la tige (fig. 4).

Compteurs pour courant monophasé.

Ces compteurs sont employés non seulement sur circuits d'éclairage à courant alternatif simple, mais aussi sur les circuits d'éclairage triphasés : dans ce cas, en effet, chaque installation d'abonné prise isolément est assimilée à du courant monophasé puisqu'elle n'est branchée que sur une phase.

COMPTEUR A C T.

Pour la vérification on pourra se servir aussi d'un voltmètre et d'un ampèremètre si cos. $\varphi = 1$. Mais s'il y a un certain décalage (lampes à arc) il faudra se servir d'un wattmètre.

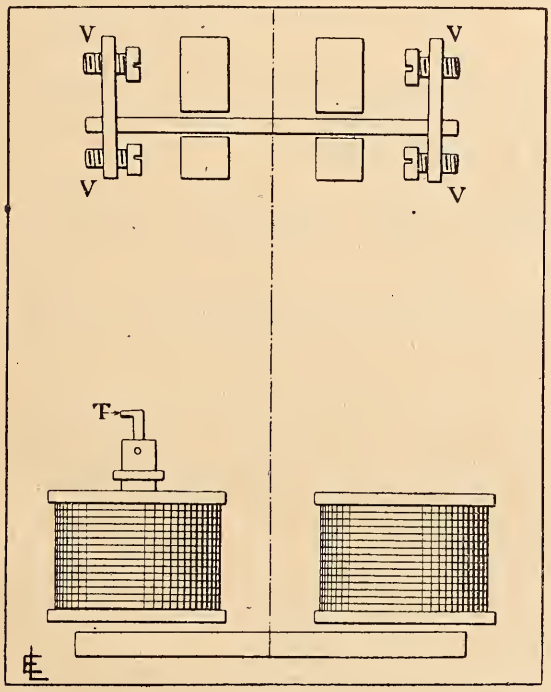


Fig. 4.

1° Vérification préliminaire.

L'enroulement de dérivation étant seulement sous tension, il faudra s'assurer que le disque ne tourne pas, autrement dit il faudra s'assurer que le compteur ne marche pas à vide. Si le disque tourne, on l'arrêtera en agissant sur la vis E : s'il tourne dans le sens normal on dévissera, s'il tourne à rebours on vissera (fig. 5).

2° Vérification au grand débit.

On allumera toutes les lampes de l'installation pour que le courant débité soit voisin du maximum (cos. $\varphi = 1$) pour lequel le compteur a été construit, et on opérera toujours comme déjà fait pour la lecture du cadran.

Si w représente le nombre de watts-heure enregistré par le compteur pendant le temps T en secondes, I l'intensité indiquée par l'ampèremètre et E la tension indiquée par le voltmètre, on devra avoir :

$$\frac{w \times 3.600}{T} = E\,I$$

Réglage au grand débit. — Si le compteur avance, on dévissera les vis V et V'. S'il retarde, on vissera (fig. 5).

3° Vérification au petit débit.

La vérification se fera au 1/20 du courant maximum, (cos. $\varphi = 1$). On opérera encore comme précédemment en comptant le nombre de tours N effectués par le disque pendant un temps T exprimé en secondes. On devra avoir :

$$\frac{3.600 \times N \times K}{T} = E\,I$$

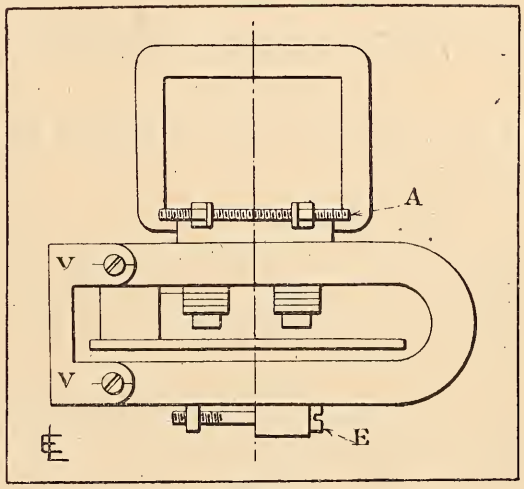


Fig. 5.

Réglage au petit débit. — Si la vérification ci-dessus donne une avance ou un retard de ± 4 0/0, il faudra parfaire au réglage à l'aide de la vis E (fig. 5).

4° Vérification avec courant décalé (cos. $\varphi = 0,3$).

Il est évident que pour cette vérification on se servira du wattmètre.

On fera passer dans le compteur un courant voisin du maximum, mais décalé avec cos. $\varphi = 0,3$ environ. On opérera aussi par la lecture du cadran et on devra avoir :

$$\frac{w \times 3.600}{T} = W$$

Réglage avec courant décalé. — Si la vérification indique une avance du compteur, on déplacera vers la droite la vis A ; si elle indique un retard, on enfoncera la vis vers la gauche (fig. 5).

Essais officiels.

Les essais officiels comportent trois phases :

1° La vérification à pleine charge.

2° La vérification à demi-charge.

3° La vérification à faible charge.

On effectuera ces essais comme précédemment. En ce qui concerne l'étalonnage à demi-charge, il est évident que le courant passant dans le compteur sera la moitié du débit maximum.

Limite d'avance ou de retard permise. — La limite d'avance ou de retard permise est :

A pleine charge..... ± 3 %
A demi-charge..... ± 3 %
A faible charge..... ± 5 %

Sensibilité des compteurs. — La sensibilité d'un compteur doit être telle que, s'il est bien réglé, il doit pouvoir démarrer :

1° pour un compteur de 5 HW et au-dessus, à..... 2 %
2° pour un compteur supérieur à 5 HW, à..... 1 %

Pour les autres compteurs.

Pour les autres compteurs, le réglage est basé sur les mêmes principes, mais avec des variantes adaptées aux différents détails de construction.

Jean LAJUGIE,
ingénieur-électricien.

MÉTHODE GRAPHIQUE
de Calcul d'un Rhéostat de Démarrage courant continu.

Nous avons donné dans notre précédent numéro deux méthodes de calcul de ces rhéostats. La méthode graphique que nous publions ci-dessous ont une contribution très intéressante à la pratique de cette construction.

1° On détermine tout d'abord la valeur de la résistance à introduire dans le circuit pour limiter l'intensité au démarrage à une valeur non dangereuse pour l'induit. On admet pour cela que cette intensité peut atteindre de 1,5 à 2 fois l'intensité en marche normale.

Soient alors : I, cette dernière ; R, la résistance de l'induit (ou la résistance de l'induit et de l'inducteur dans le cas d'un moteur-série), R_1, la résistance cherchée et U, la tension d'alimentation.

Si m est le coefficient de majoration de l'intensité au moment du démarrage, on a :

$$m\,I = \frac{U}{R + R_1} \text{ avec } 1{,}5 \leq m \leq 2.$$

D'où :

$$R_1 = \frac{U - m\,IR}{m\,I} \qquad (1).$$

Exemple : Soit un moteur dont la résistance intérieure est 0,05 ω, alimenté sous 120 v., intensité normale : 200 A. Admettons $m = 2$; on a :

$$R_1 = \frac{120 - 400 \times 0{,}05}{400} = 0{,}25\ \omega.$$

On peut employer la méthode graphique suivante, qui nous servira du reste pour la suite du calcul du rhéostat (fig. 1) :

Soit $I = \overline{OA}$ l'intensité normale. Prenons $m = 2$ et soit $2\,I = \overline{OB}$ l'intensité à ne pas dépasser Portons $\overline{OC} = U$ sur l'axe des ordonnées. Au démarrage, on a : $R + R_1 = \frac{U}{2I}$. Or dans le triangle rectangle OBD on : a $\frac{U}{2I} = tg\ \widehat{DOB}$. D'où : $R + R_1 = tg\ \widehat{DOB}$.

Le point de l'épure représentant le fonctionnement est D. Il est facile de construire le triangle OBD et de mesurer l'angle DOB. Une table quelconque des lignes trigonométriques donnera la valeur de la tangente de cet angle, et il suffira de retrancher la valeur de R.

2° Il faut pouvoir supprimer le rhéostat de démarrage quand le moteur a pris sa vitesse normale. Cette suppression ne peut se faire que par échelons, sans quoi l'intensité pourrait dépasser la valeur prévue 2 I. On détermine ces échelons comme suit :

Quand le moteur a pris son équilibre, l'intensité dans l'induit est I. Le point de fonctionnement est alors E intersection de OD avec l'ordonnée en A. La f. e. m. a pour valeur $e = U - (R + R_1)\,I$. Supprimons brusquement une portion de résis-

tance; avant que la vitesse ait eu le temps de varier, l'intensité prend la valeur I′ telle que :

$$I' = \frac{U - e}{R + R'_1}$$

R'_1 étant la nouvelle valeur de R_1.

Le point de fonctionnement se déplace alors sur EF parallèle à l'axe des abscisses. La fraction de résistance à enlever doit être telle que ce point ne dépasse pas l'ordonnée BD. Ce point doit donc venir en F. La résistance à laisser dans le circuit

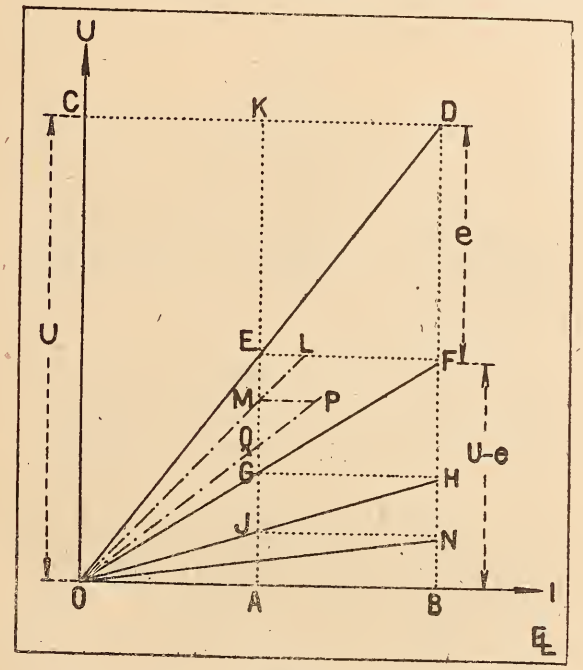


Fig. 1.

est donc : $R + R'_1 = \frac{U - e}{21}$. Or le triangle rectangle OBF donne $\frac{U - e}{2I} = tg\,\widehat{FOB}$. D'où comme plus haut : $R + R_1' = tg\,\widehat{FOB}$. D'où R_1'.

Et ainsi de suite (points G H J N, etc...). On continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait supprimé la dernière fraction de la résistance de démarrage.

3° Le rhéostat de démarrage sert en général au réglage de la vitesse. Si l'on suppose que le flux inducteur et l'intensité sont constants, les vitesses sont proportionnelles aux f. é. m. Si N et N′ sont les nombres de tours correspondant aux points de fonctionnement E et G, on a :

$$\frac{e}{e'} = \frac{N}{N'} = \frac{EK}{GK}. \qquad (2).$$

En fractionnant convenablement le rhéostat, on peut obtenir un nombre de vitesses aussi grand qu'on le veut pour un même couple résistant. Le fractionnement réalisé au § 2° est un fractionnement *de sécurité*. On peut partager l'angle $\widehat{DOF}$ en 2, 3... parties. Le phénomène serait représenté par les droites en traits mixtes.

A titre d'exemple, considérons le moteur envisagé au § 1°. Sa vitesse normale est de 500 tours par minute, pour une certaine valeur du couple résistant. Cherchons la résistance à introduire dans le circuit pour le faire tourner à 475 tours. A 500 tours la f. é. m. est $e = U - RI = 120 - 0{,}05 \times 200 = 110$ v. (qu'on calcule par le graphique). Si e′ est le f. c. é. m. à 475 tours, on a :

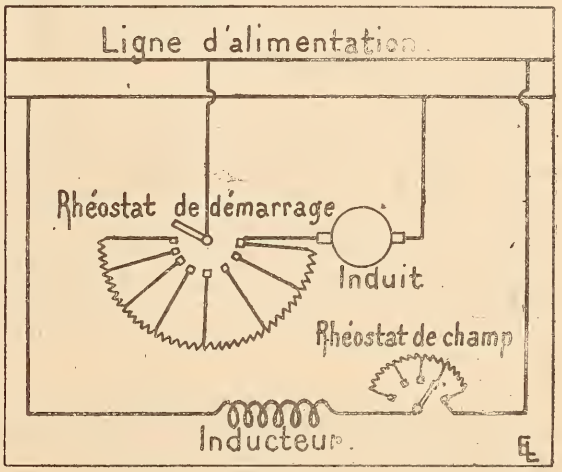


Fig. 2.

$$\frac{e'}{e} = \frac{475}{500}. \text{ D'où } e' = 110 \times \frac{475}{500} = 104{,}5 \text{ v.}$$

La résistance à introduire doit être telle que l'on ait : $e' = U - (R + R_1)\,I$ c'est-à-dire

$$R_1 = \frac{U - e'}{I} - R = \frac{120 - 104{,}5}{200} - 0{,}05 = 0{,}0275\,\omega.$$

calcul qu'on fait par le graphique en portant e' à partir du point D.

Cherchons de même à obtenir la vitesse de 450 tours. On a comme plus haut :

$$\frac{e''}{e} = \frac{450}{500} \qquad e'' = 99 \text{ v.}$$

$$\text{D'où } R_2 = \frac{120 - 99}{200} - 0{,}05 = 0{,}055\,\omega.$$

Et ainsi de suite pour toutes les valeurs qu'on désire donner à la vitesse.

Ne pas oublier que les valeurs R_1 R_2... qu'on trouve ainsi doivent être comprises dans les

limites des fractionnements trouvés au § 2° sous peine de griller le moteur.

Or, en calculant ainsi les résistances à partir de vitesses choisies, on a bien l'avantage d'obtenir des vitesses variant en progression arithmétique, mais on est forcé de vérifier chaque fois que l'intensité est admissible. Il vaut mieux alors diviser le rhéostat en section de résistance décroissante à partir de la première qu'on supprime. La méthode de calcul par le graphique a l'avantage de permettre de juger d'un coup d'œil si le fractionnement choisi est bon. On détermine d'abord les points DFHK... et on choisit facilement les points LMPQ... en toute certitude.

4° Ayant ainsi déterminé les caractéristiques du rhéostat de démarrage, on le construit en déterminant les longueurs et les sections du fil qu'il convient de prendre, comme pour un rhéostat ordinaire.

Toutefois il y a lieu de remarquer que, dans un rhéostat de démarrage, certaines fractions resteront plus ou moins longtemps en circuit. Il faudra tenir compte de ce fait pour la construction, de façon à éviter un trop grand échauffement; on donnera à ces parties une section plus grande.

Remarquons pour terminer que le rhéostat de démarrage ne permet d'obtenir que des vitesses comprises entre la vitesse normale et la vitesse de démarrage.

Exemple d'application de la méthode précédente — Soit à calculer un rhéostat de démarrage pour un moteur dont les caractéristiques sont :

Tension d'alimentation : U = 240 v.
Débit normal : I = 150 amp.
Résistance de l'induit : R = 0,04 ω.
Vitesse : N = 500 tours-minute.

On se fixe comme intensité maxima 2 I = 300 amp.

On trace la droite OD (voir le graphique joint), puis la droite OZ telle que $tg\ \widehat{ZOA} = 0{,}04$.

Une table trigonométrique donne pour $\widehat{ZOA}$ la valeur 2° 15.

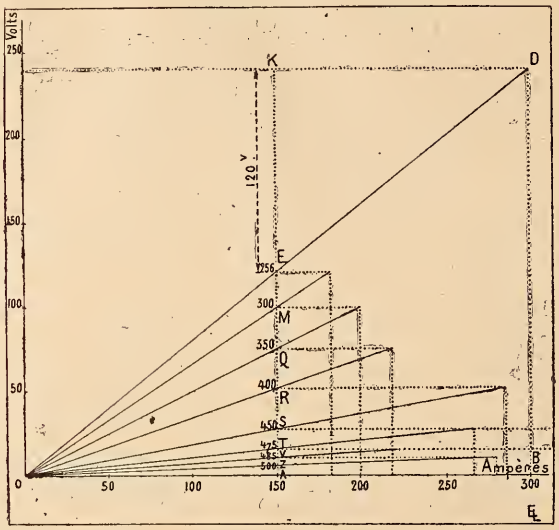
1° on mesure $\widehat{DOB}$ au rapporteur, on trouve $\widehat{DOB} = 38°35'$. D'où $tg\ \widehat{DOB} = 0{,}798 = R + R_1$. D'où la résistance de démarrage :

$$R_1 = 0{,}798 - 0{,}04 = 0{,}758\ \omega.$$

2° Le point Z correspond à la vitesse de 500 tours. Mesurons KE et KZ au double décimètre. On trouve que $\frac{KE}{KZ} = \frac{595}{1160}$. En vertu de la relation (2) la vitesse correspondante au point E sera :

$$\frac{595}{1160} \times 500 = 256 \text{ tours.}$$

C'est la vitesse de démarrage. Nous allons maintenant faire varier la vitesse entre 256 tours et 500 tours en calculant notre rhéostat en conséquence. Cherchons à obtenir les vitesses 300, 350, 400 et 450. Il suffit pour cela de porter des points tels que M sur EZ de façon que $\frac{MK}{EK} = \frac{300}{256}$ puis $\frac{350}{256}$, $\frac{400}{256}$, etc. — On obtiendra les points M Q R S. Il suffira de mesurer les angles $\widehat{EOB}$, $\widehat{MOB}$, $\widehat{QOB}$ $\widehat{ROB}$, $\widehat{SOB}$, de calculer leur tengante et d'en retrancher 0,04 pour avoir la valeur des résistances du rhéostat.



Points de fonctionnement.	Angles tels que $\widehat{EOA}$	Tangentes de ees angles	Résistances du rhéostat à intercaler.	Intensité maxim. obtenue au moment de la manœuvre	Intensité après équilibre.	Vitesse après équilibre.
E	33°35′	0,798	0,758	300	150	256
M	33°15′	0,656	0,616	182		300
Q	26°25′	0,497	0,457	198		350
R	18°50′	0,341	0,301	217		400
S	10°15′	0,181	0,141	285		450
T	5°50′	0,102	0,062	266		475
V	3°55′	0,069	0,029	220		485
Z	2°10′	0,037	0,000	280		500

Fig. 3. — Graphique et tableau correspondant.

On voit immédiatement qu'on ne peut continuer au-delà de 450 tours. Si on passait de 450 tours à 500 tours, l'intensité pourrait atteindre plus de 300 ampères. On a alors fractionné cet intervalle

en deux autres correspondant à 475 et 485 tours, ce qui permet, ainsi que le montre le graphique, de rester dans les valeurs acceptables de l'intensité.

Le tableau annexé au graphique donne les renseignements qu'on peut tirer de l'examen de cette épure. D. VASLOT.

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

Protection des distributions à courant alternatif

sans emploi de conducteurs spéciaux (1).

Actuellement la plupart des réseaux sont constitués par un ensemble de câbles posés à diverses dates, de sorte que les systèmes de protection impliquant l'emploi de conducteurs pilotes ou autres ne peuvent être regardés comme étant une solution générale du problème. Les méthodes à employer doivent dès lors être telles qu'elles puissent facilement s'appliquer aux différentes parties d'une distribution existante aussi bien qu'aux lignes nouvelles.

L'auteur pense que tout système de protection doit remplir quatre conditions principales

1° Maintien de la continuité de la distribution.

2° Simplicité des appareils employés.

3° Adaptation facile à un système existant avec le minimum de modifications.

4° Economie dans le vrai sens du mot eu égard au capital engagé dans les câbles, etc.

Quels que puissent être les avantages tant de fois revendiqués pour le neutre isolé, il est maintenant pleinement reconnu que la mise à la terre du neutre est de beaucoup préférable. Par l'emploi d'une résistance placée entre le neutre et la terre, on combat efficacement les effets d'origine atmosphérique et ceux dus à des terres intermittentes; c'est pourquoi ce système de protection est seul employé en Amérique et tend à se généraliser de plus en plus.

La plupart des dérangements peuvent donc être facilement supprimés dans leur état initial, évitant ainsi des défauts plus graves, par exemple des courts-circuits entre phases.

La figure 1 montre le principe d'un dispositif de protection contre les pertes à la terre, appliqué à un interrupteur. Les trois phases du générateur G (avec neutre à la terre) alimentent un feeder dont les trois câbles sont entourés par le circuit fer d'un transformateur de courant C T et dont le secondaire est connecté au relais R.

Dans les conditions normales de fonctionnement, le déséquilibrage de la charge importe peu; la somme des trois courants est nulle et le flux résultant dans le noyau du transformateur étant peu important, peut être négligé; un défaut se produit-il entre une phase quelconque et la terre, l'équilibre est détruit dans les trois phases et un courant est induit dans le secondaire du transformateur qui actionnera l'interrupteur par l'intermédiaire du relais.

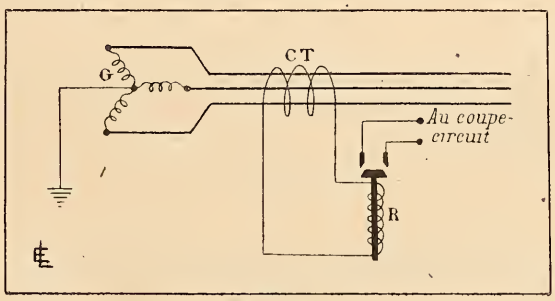


Fig. 1.

La figure 2 montre un dispositif similaire avec cette différence qu'il y a trois transformateurs de courants connectés en étoile. Le relais L R est intercalé sur le retour commun. On peut objecter à ce dispositif employé seul que le défaut peut, soit disparaître, soit se développer immédiatement en court-circuit entre phases et ne pas donner lieu à un déséquilibrage, ce qui entraînera le non fonctionnement du relais. Pour obvier à cet inconvénient on peut employer des relais de surcharge OR_1, OR_2 disposés comme le montre la figure 2; de la sorte un au moins des deux relais fonctionnera quel que soit le défaut. Un des principaux avantages d'une telle disposition réside dans le fait qu'un courant de très faible intensité fait fonc-

(1) Extrait d'un mémoire lu devant « l'Institution of Electrical Engineers », par le major Kenelm Edgcumbe, R. E. (T.), M. I. E. E.

tionner le relais ; ajoutons que le courant à la terre peut être limité par une résistance (sur mise à la terre). L'action judicieuse des relais peut être obtenue avec des constantes de temps différentes, l'intervalle s'écoulant entre l'action successive des relais n'étant pas inférieur à celui requis pour l'ouverture de l'interrupteur après la fermeture des contacts du relais. Dans les appareils modernes on peut compter, pour ouvrir le circuit, environ 1/5 de seconde et même moins, mais dans les anciens appareils il faut compter un temps plus long. Il faut ajouter à ce temps celui qui est requis pour que le relais fonctionne ainsi qu'une certaine marge pour l'imprévu. On suppose qu'en général un intervalle d'une 1/2 seconde est suffisant pour les appareils à action rapide et qu'un intervalle de 3/4 de seconde est nécessaire avec des appareils moins efficaces.

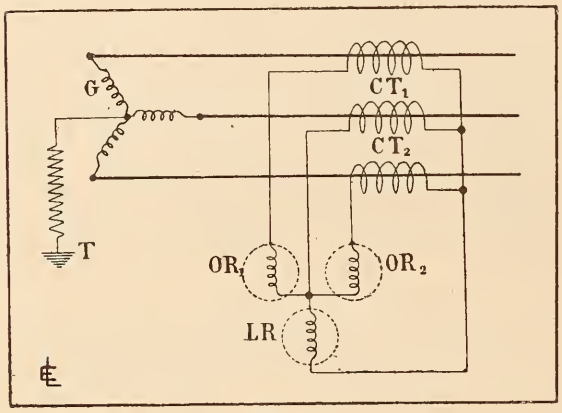


Fig. 2.

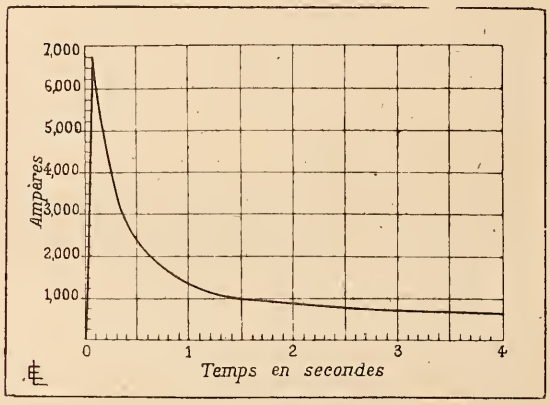


Fig. 3.

En adjoignant aux relais de surcharge les retardateurs de temps gradués, on ne semble pas avoir attaché une grande importance à un avantage plus lointain, mais qui n'en existe pas moins. Quoique dans un alternateur moderne, le courant de court-circuit soit comparativement petit, probablement pas supérieur à deux ou trois fois le courant de pleine charge, il peut cependant atteindre momentanément dix fois la valeur du courant normal, le courant de court-circuit est en effet limité par un affaiblissement du champ qu'il faut attribuer à la réaction d'induit, mais ce champ ne s'éteint que lentement et pendant cet intervalle, le courant n'est limité que par la résistance et l'inductance seules. La figure 3 montre comment le courant s'élève à une valeur maximum et revient graduellement à une valeur constante. Dans le cas d'un court-circuit total se produisant près de la station génératrice, si l'interrupteur était ouvert instantanément il aurait à couper un courant à peu près sept fois plus grand que s'il s'écoulait avant l'ouverture un temps égal à 1 1/4 seconde ; les dispositions proposées répondent à ce dernier désiderata. Le plus souvent, le défaut est assez éloigné de la station génératrice et est de ce fait limité par l'impédance des câbles d'alimentation; on peut donc, sans inconvénient, admettre une constante de temps plus petite. Plus nombreux encore sont les inconvénients qui résultent d'une ouverture prématurée des circuits ce qui fait qu'un intervalle de deux secondes peut être considéré comme une limite supérieure.

Aucun relais ne peut être considéré comme satisfaisant si, pour une petite surcharge, sa courbe de temps ne devient pratiquement horizontale ; autrement, l'intervalle s'écoulant entre l'action des relais successifs pourrait être insuffisant pour permettre à un interrupteur d'ouvrir le circuit avant que l'autre entre en action. Il n'est pas moins nécessaire que les courbes correspondant aux différents relais soient à peu près parallèles d'un bout à l'autre. Eu égard à ces deux considérations les relais d'induction doivent être préférés aux relais à solénoïde avec fusible shunté.

Le seul cas dans lequel un long retard est à éviter se présente lorsque le défaut se produit près de la station génératrice, car il peut se développer en un court-circuit total entre phases et il est essentiel de l'éliminer dans le temps le plus court possible. Le moyen le plus convenable de parer à cet inconvénient est d'avoir une bonne disposition mécanique des relais de la station génératrice, de sorte que lorsque le voltage tombe à 70 % du voltage normal, le retardateur soit automatiquement court-circuité dans l'espace d'une 1/2 seconde environ.

Les remarques ci-dessus s'appliquent plus particulièrement aux relais de surcharge (O R_1 et O R_2,

fig. 2), mais elles ne s'appliquent pas moins aux relais fonctionnant dans le cas de perte à la terre, avec cette différence que le courant étant limité par une résistance il n'y a pas grand avantage à réduire la constante de temps à un minimum.

L'avantage résultant de l'emploi simultané d'un relais de surcharge et d'un relais agissant en cas de perte à la terre réside en ce fait qu'il se suffit à lui-même pour agir efficacement en cas de défaut se produisant en un point quelconque du système y compris les barres omnibus des sous-stations. A ce dernier point de vue, il est à remarquer que les autres méthodes employées telles que le « Herz-Price » ou le « spilt-conductor » excellentes en elles-mêmes, ne protègent aucunement les barres omnibus des sous-stations. En outre, un des relais pourrait manquer de fonctionner et ne laisserait plus aucune seconde ligne de défense ; il est vrai que contre les surcharges on peut employer des fusibles, mais la simplicité est alors sacrifiée et l'action rapide, qui est un point primordial, est complètement perdue.

Le relais devant fonctionner dans le cas de perte à la terre (LR dans la figure 2) remplace un des relais de surcharge ce qui simplifie le système. Quoiqu'il ne faille pas accorder trop de crédit à la graduation des appareils, il est cependant bon d'observer que la courbe de courant d'un relais doit être sensiblement horizontale pour les courants dépassant quatre fois le courant normal. Il résulte de cette observation que si le courant de court-circuit excède cette valeur dans le cas de relais montés en série, chaque relais doit fonctionner après le même laps de temps. Cependant dans la plupart des systèmes on doit tenir compte du minimum de temps nécessaire au fonctionnement des interrupteurs, mais une réduction considérable est presque toujours possible.

Avec deux feeders en parallèle, à moins que le courant à la terre n'excède le courant de charge, un retour ne peut avoir lieu ; avec trois ou plusieurs feeders, l'excès requis est encore plus grand. Dans ces conditions on doit employer une plus grande résistance de terre.

La figure 4 représente un relais différentiel à retour de courant; deux transformateurs C T_1, C T_2 sont connectés en croix de telle sorte que le passage du courant dans les relais RR_1, RR_2 montés en série, ait lieu entre des points équipotentiels. S'il survient un défaut, le courant dans les deux feeders n'est pas le même et la différence s'écoule par l'intermédiaire des relais à retour de courant montés de telle sorte que l'un ou l'autre agisse, isolant ainsi le feeder sur lequel se trouve le défaut. Normalement, le passage du courant suivant la direction indiquée par les flèches produit simplement un courant dans les secondaires et aucun courant ne circule dans les relais RR_1 et RR_2.

Le même système de protection s'applique à plusieurs feeders en parallèle qui, dans ce cas, sont simplement disposés par paires.

Lorsqu'un défaut vient à se produire près de la sous-station, le courant peut se partager presque également entre le feeder sain et le feeder malade; le premier risque donc d'être atteint, et son relais peut fonctionner même après que le feeder sur lequel se trouve le défaut a été isolé. Pour ces motifs, il est préférable d'employer des relais différentiels à retour de courant (fig. 4) tant à l'entrée qu'à la sortie. A la sous-station le courant de perte à la terre s'écoule en direction opposée à travers les deux transformateurs de courant; l'effet des relais est dès lors doublé et par conséquent le réglage peut être assez bas.

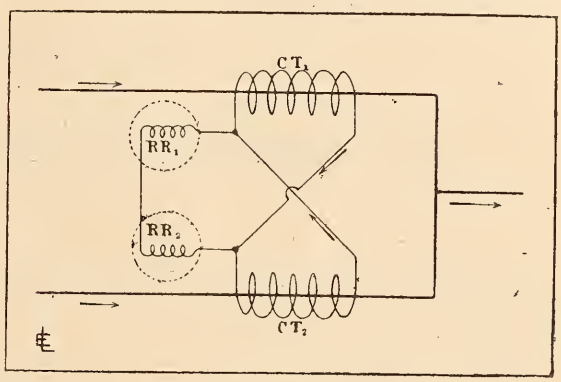


Fig. 4.

M. Marre.

(*A suivre.*)

UN TRANSFORMATEUR COLOSSAL

Ce transformateur existe en Allemagne, à Goldenberg, à l'usine des Rheinisch-Westfälische Electrizitats-Werke. Sa puissance est de 60.000 mille K. V. A. Pour ces divers motifs, le mot colossal n'est donc pas déplacé ici.

Cet appareil a été construit par l'A. E. G. de Berlin.

Il est alimenté par un groupe turbo-alternateur de 50.000 kilowatts. et donne une tension secondaire de 110.000 volts.

Les noyaux sont constitués par de la tôle de 0,3 millimètre d'épaisseur. Le poids de ces noyaux est au total de 40 tonnes. Leur section, ainsi que celle des bobines, est elliptique.

Les bobines sont constituées par du fil d'aluminium de section carrée. Le poids total de l'aluminium du bobinage est de 4 tonnes.

Les bobines haute tension sont intercalées entre les bobines basse tension comme dans les transformateurs à très faible chute de tension. Ces bobines sont au nombre de 59 sur chaque noyau.

L'appareil est enfermé dans une cuve à huile.

La hauteur totale de ce transformateur, y compris les isolateurs, est de $5^{m}25$; longueur, $5^{m}50$; largeur, $2^{m}54$.

Le poids total de l'appareil est de 116 tonnes se dénombrant comme suit :

Noyau, 40 tonnes; bobinage, 4 tonnes; partie mécanique d'assemblage et accessoires, 22 tonnes; cuve, 15 tonnes; huile, 35 tonnes.

Les essais faits sur ce transformateur ont donné les résultats suivants :

La tension de court-circuit est de 8 pour 100. Les pertes dans le fer à pleine charge s'élèvent à 126 kilowatts et les pertes dans le cuivre, dans les mêmes conditions, ont atteint le chiffre de 434 kilowatts.

Dans les conditions indiquées, le rendement de l'appareil a été trouvé de 99,07 pour 100.

R. S.

La propulsion électrique à bord des cuirassés.

En avril 1919 était lancé le nouveau cuirassé américain le *Tennessee* dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

Longueur hors bout : $187^{m},20$

Largeur : $29^{m},80$;

Tirant d'eau moyen : 9 mètres;

Déplacement normal : 32.300 tonnes;

Artillerie principale : 12 canons de 35 en 4 tourelles triples;

Artillerie secondaire :

(A noter que les cuirassés suivants seront armés de canons de 40^{cm}).

Machines : Turbines Westinghouse avec système de réduction électrique conduisant quatre hélices;

Chaudières : 8 chaudières Babcock and Wilcox brûlant de l'huile;

Puissance totale sur l'arbre : 28.500 HP;

Vitesse : 21 nœuds;

Capacité normale de combustible : 2.200 tonnes;

Capacité maxima : 3.328 tonnes.

La disposition électrique est la même que celle du *New-Mexico*. La production du courant est assurée par deux turbo-alternateurs bipolaires dont le voltage aux bornes est de 4.400 volts et 4 moteurs d'induction actionnent chacun une hélice; chacun des quatre moteurs peut être alimenté par l'un ou l'autre des deux générateurs au moyen d'un commutateur. Les moteurs sont à double cage d'écureuil, l'une de grande résistance, l'autre de faible résistance.

Deux turbo-générateurs à courant continu fournissent en outre le courant continu aux circuits d'excitation des alternateurs et à des ventilateurs.

Les 4 moteurs de propulsion sont bobinés de façon telle que par des changements convenables de connexions, effectués au moyen de groupes de commutateurs à huile, les enroulements puissent être disposés soit pour 24, soit pour 36 pôles. Dans ces conditions le rapport de la réduction de vitesse entre la turbine et l'hélice est soit 12/1 soit 18/1. Pour la vitesse de croisières jusqu'à un maximum de 15 nœuds, la connexion 36 pôles est employée; aux vitesses supérieures on emploie la connexion 24 pôles. Tous les renversements de marche sont faits avec les moteurs connectés pour 36 pôles. Chaque turbine est munie d'un régulateur spécial permettant de maintenir la vitesse dans les limites indiquées; le réglage s'effectue au moyen d'un levier de commande fixé sur le tableau de distribution.

Pour la marche à une vitesse inférieure à 15 nœuds, on n'emploie qu'une seule turbine avec ses auxiliaires et tous les moteurs connectés pour 36 pôles. Aux vitesses supérieures les connexions sont modifiées de 36 à 24 et l'on peut obtenir ainsi une vitesse de 17 nœuds toujours avec une seule turbine. Les enroulements du générateur sont alors connectés en parallèle au moyen d'un commutateur, de façon à réduire le voltage, ce qui augmente la capacité de courant du générateur et donne également une augmentation du couple moteur et un meilleur rendement.

Au dessus de cette vitesse de 17 nœuds, la seconde turbine entre en action; chaque générateur actionne alors une paire de moteurs et les deux circuits sont entièrement indépendants l'un de

l'autre. Les enroulements de chaque générateur sont connectés en série par un commutateur de façon à donner le voltage maximum pour la vitesse maxima.

Le démarrage peut se faire soit avec une seule, soit avec les deux turbines, et avec les moteurs connectés soit pour 36, soit pour 24 pôles. Quand les deux turbines sont en route, les moteurs sont connectés pour 24 pôles par raison d'économie.

Comme nous l'avons dit, le renversement de marche se fait toujours avec 36 pôles, qu'il y ait une ou deux turbines en marche.

Avantages du système électrique :

Les essais du *New-Mexico*, le premier navire sur lequel a été installé ce système de propulsion, ont justifié la confiance des ingénieurs américains dans les mérites de la réduction électrique. La consommation de combustible aux essais de ce navire a été de 20 à 30 pour 100 inférieure à celle du *Pennsylvania* (même type que le *Tennessee*, mais uniquement à turbines).

Un autre avantage du système électrique est l'interchangeabilité que l'on a pu vérifier deux fois au cours des essais préliminaires du *New-Mexico*. Pendant que le navire marchait à environ 17 nœuds avec les deux turbines, un petit tuyau conduisant l'eau à l'un des presse-étoupes de la pompe de circulation creva, obligeant à stopper la pompe. En moins de dix secondes tous les moteurs de propulsion étaient mis sur l'autre turbine sans la moindre réduction de vitesse. Avec la commande ordinaire par turbines, un tel accident aurait entraîné l'arrêt de deux arbres de propulsion et une réduction de vitesse de sept nœuds environ. Un accident analogue se produisit une seconde fois qui n'entraîna pas davantage de conséquences fâcheuses.

On craignait bien un peu que le tir au canon n'eût des effets funestes sur l'installation électrique, en particulier sur les isolateurs, les supports de câbles, les instruments. Des essais furent faits au cours desquels les 12 canons de 35 furent tirés en même temps ; un examen sérieux montra que l'installation électrique n'avait nullement souffert.

M. G.

(D'après *Engineer.*)

Communiqués

La standardisation des fils de trolley

PROJET SOUMIS A L'ENQUÊTE PUBLIQUE

Les observations devront être adressées avant le 15 août 1920 au ministère du commerce. (Commission permanente de standardisation.)

(*Extrait du fascicule F_4-1.*)

V. — *Fils de trolley.*

La Commission propose les cinq types ci-après particulièrement étudiés auxquels les *voies ferrées d'intérêt local* ont donné la préférence.

SECTIONS PROPOSÉES :

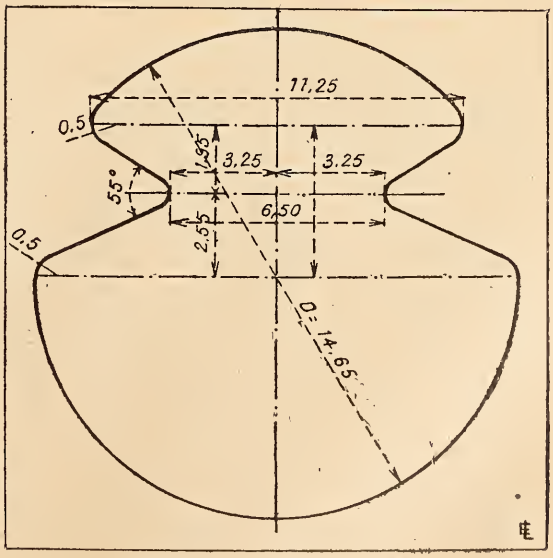


Fig. 1. — Section 150 m/m2.

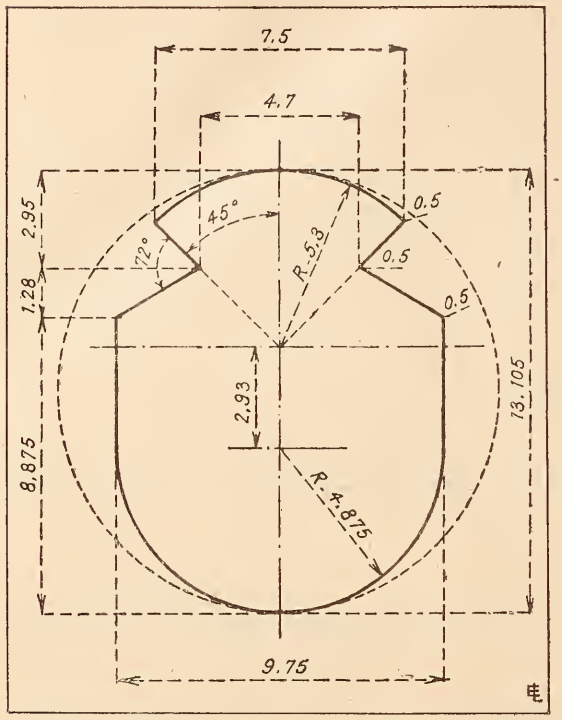


Fig. 2. — Section 102 m/m2.

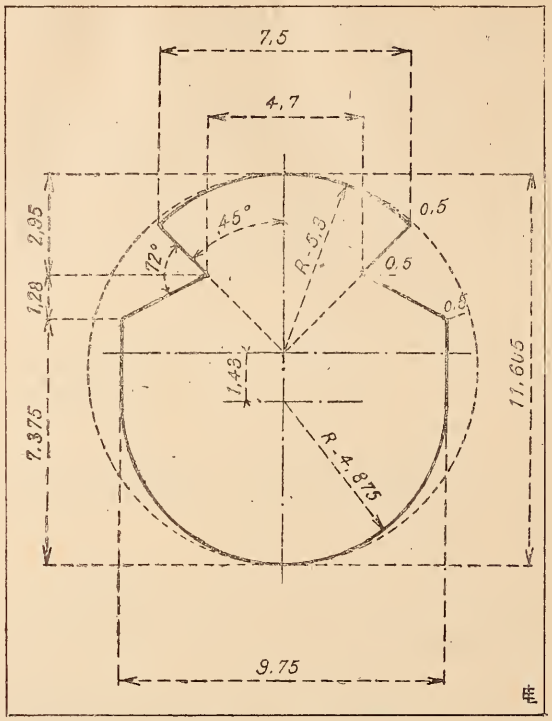


Fig. 3. — Section 87m/m25.

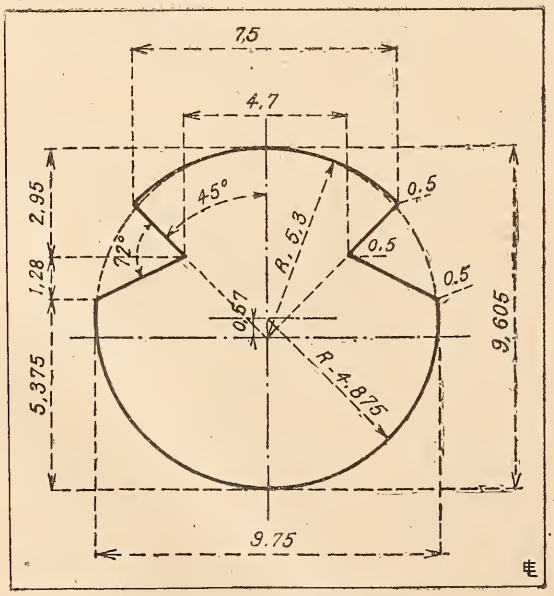


Fig. 4. — Section 68m/m2.

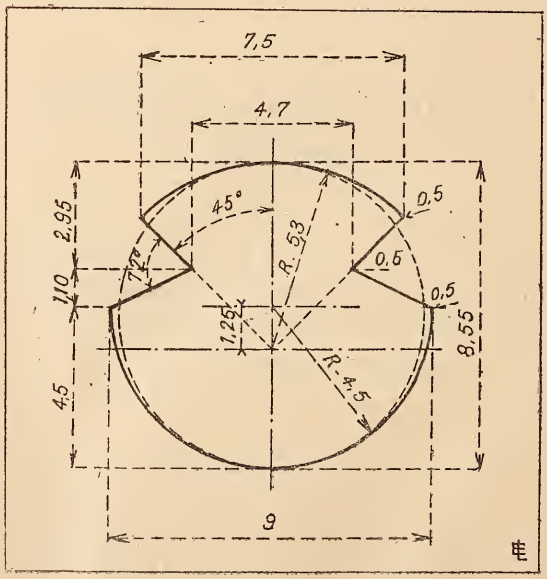


Fig. 5. — Section 55m/m28.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

EMBRAYAGE MAGNÉTIQUE ET COMPTEUR ÉLECTRIQUE.

L'élément mobile V (fig. 1), d'un instrument de mesure par exemple un voltmètre électrostatique, est enfermé dans une boîte A imperméable à l'air dans laquelle une haute pression d'air ou de gaz peut être maintenue et porte la partie 1 d'un embrayage magnétique, l'autre

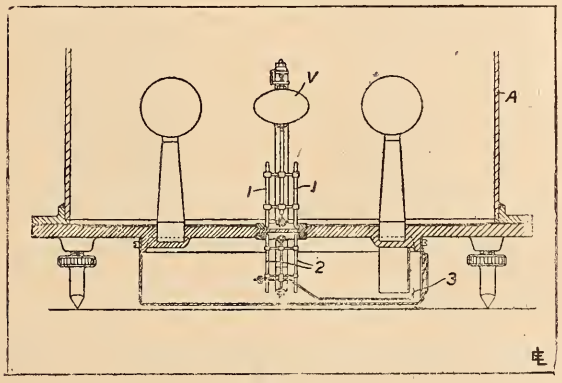


Fig. 1.

partie 2 est supportée par la broche d'un index 3 placé à l'extrémité de l'enveloppe. Chaque partie mobile de l'embrayage est disposée astatiquement, par exemple en plaçant deux aiguilles magnétiques 1, 2 parallèles l'une à l'autre et à l'axe sur lequel elles tournent. (Br.Ang.138.150).

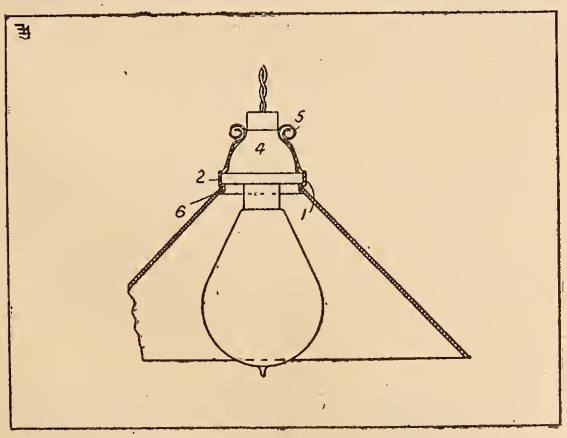


Fig. 2.

SUPPORT POUR RÉFLECTEUR DE LAMPE ÉLECTRIQUE.

Un support 1 pour réflecteur de lampe électrique est constitué (fig. 2) par un ressort métallique ou de toute autre matière élastique; sa partie inférieure possède une ouverture annulaire 2 ayant un rebord 6 servant à y engager le réflecteur, la partie supérieure est fendue pour former des rebords 5 ayant la forme voulue pour s'adapter sur le support de la lampe et le serrer. (Br. Angl. 137.629).

DISPOSITIF AUTOMATIQUE POUR LA CHARGE DE BATTERIES D'ACCUMULATEURS.

Dans une installation pour fourniture de courant se composant (fig. 3) d'un moteur, d'une dynamo et d'une batterie d'accumultaeurs, la charge de cette dernière est contrôlée par un compteur électrolytique. Le compteur contrôle le circuit d'allumage, la soupape à papillon et l'engrenage du moteur, de sorte que la génératrice est démarrée et arrêtée automatiquement selon la charge de la batterie. Une électrode *f* du compteur est soumise à l'action d'un ressort *k*; cette électrode, selon son poids, ouvre ou ferme le circuit d'allumage, etc. Dans une variante la variation du poids des deux électrodes est employée pour fournir de l'énergie à deux solénoïdes agissant alter-

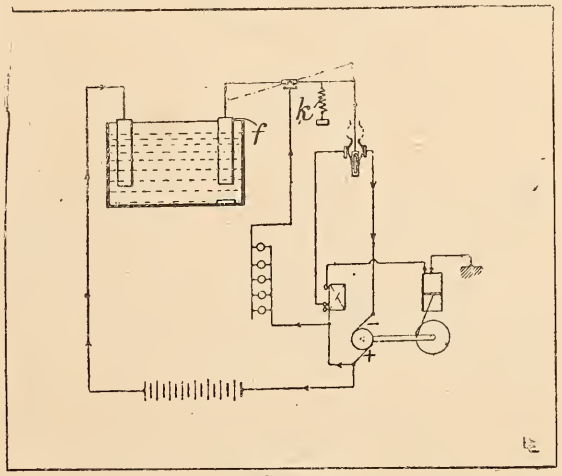


Fig. 3.

nativement en direction opposée pour libérer un interrupteur. L'action de l'électrode peut être directe ou elle peut agir par l'intermédiaire de relais sur l'interrupteur. La description de l'interrupteur est faite sous le n° 223.48 *f*13; il peut être employé avec le compteur électrolytique. Cet interrupteur permet de faire démarrer le moteur avec du pétrole et de le faire fonctionner ensuite avec de l'huile lourde. (Br. Ang. 135.922.) M. M.

RÉGULATEUR POUR MOTEUR ÉLECTRIQUE.

Un contrôleur ou régulateur de moteur électrique (fig. 4) possède un balais porté par un bras *a* qui peut être mû dans n'importe quel sens avant ou arrière sur des plots connectés aux résistances. Pendant le mouvement en arrière, le bras engage un taquet *p* monté sur un tambour contenant un ressort *g* et porte le tambour en arrière. Le tambour est muni de dents *h* et est empêché de se mouvoir en arrière par un cliquet *m* qui y est maintenu par la bobine *i*. Lorsque la bobine cesse d'agir, le tambour *g* retourne rapidement en arrière, le taquet *p* engage le bras quelle que soit la position dans laquelle il a pu être laissé et le bras retourne à la position zéro. Le bras peut être légèrement maintenu sur chaque plot de contact par

un rouleau appuyé par un ressort sur le bras engageant les dents sur la face du tambour *g*. (Br. Angl. 138.204.)

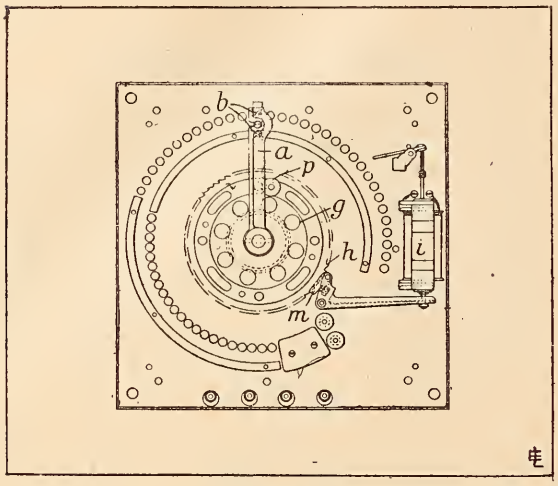


Fig. 4.

LAMPE A ARC FLAMME POUR PROJECTION.

Cet arc doit être alimenté par du courant continu à bas voltage (40 à 100 ampères). L'objet est d'augmenter l'éclat intrinsèque au cratère positif.

La flamme est telle qu'elle n'enveloppe pas l'électrode positive (fig. 5). Celle-ci est amincie à l'extrémité, et la face du cratère est telle que la mèche est seule exposée à l'extrémité.

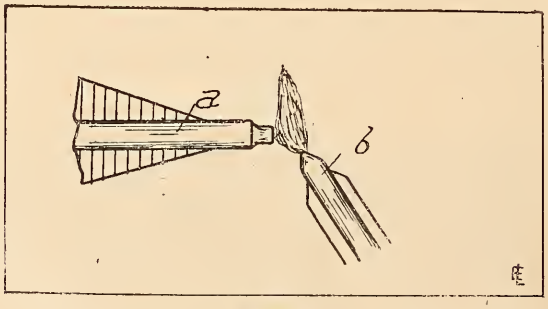


Fig. 5.

Les deux charbons *a* et *b* sont en outre décalés l'un par rapport à l'autre. (Br. Fr. 499.382).

CONTREPOIDS DE SUSPENSION POUR LAMPE ÉLECTRIQUE

Dans la majorité des contrepoids de suspension actuels, les poulies de guidage sont extérieures et le contrepoids est désaxé par rapport au fil. Cette disposition nuit à l'aspect et à l'équilibre.

Dans le modèle présenté (fig. 6), les poulies *s* et *s'* sont logées à l'intérieur de la rosace *b* et du contrepoids *c*. De plus, le fil, qui sert en même temps de conducteur, passe dans les guides *t t'* formés par de petits tubes. (Br. Fr. 500.998).

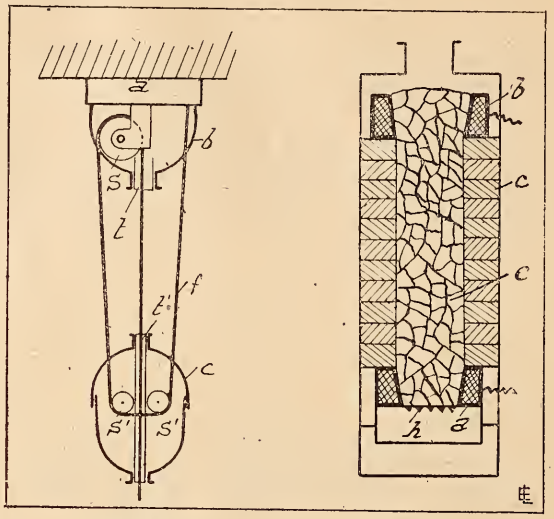


Fig. 6. Fig. 7.

FOUR ÉLECTRIQUE A RÉSISTANCE ET FONCTIONNEMENT CONTINU, POUR RÉACTIONS ENTRE CARBONE ET AUTRES CORPS

Ce four est destiné à la fabrication du sulfure ou oxyde de carbone, par action de soufre ou d'anhydride carbonique sur le carbone. Le but est de maintenir la masse de charbon à une température élevée, pour obtenir la réaction.

On utilise (fig. 7) une colonne de charbon *e*, maintenue entre des parois *c* non conductrices et résistant aux températures élevées. Cette colonne s'appuie d'autre part sur des électrodes *b* et *a*.

L'électrode *a* est reliée à la grille *h* et l'électrode *b* présente la forme d'un entonnoir pour obtenir une charge continue. (Br. Fr. 499.207).

DISPOSITIF DESTINÉ A LIMITER LA TENSION MÉCANIQUE DES CONDUCTEURS DE LIGNE

Le montage sur isolateurs ordinaires est soumis à une tension limite, or cette tension doit pouvoir varier avec divers éléments, tels que température, humidité, etc...

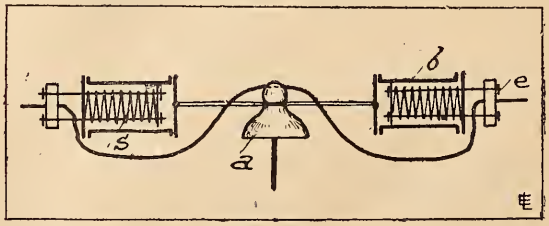


Fig. 8.

On propose dans cette invention l'emploi (fig. 8). de ressorts amortisseurs *s*, montés dans des enveloppes spéciales *b*, qui limiteront et régleront la tension. (Br. Fr. 499.478). P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des **MENTIONS** seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

ÉLECTROMAGNÉTISME (*Suite*).

ÉTUDE DE L'INDUCTION

SOMMAIRE : *Phénomène d'induction, loi de Faraday. — Force électromotrice induite. Loi de Lenz. — Détermination du sens de la force électromotrice induite. — Règle de Faraday.*

§ 48. PHÉNOMÈNES D'INDUCTION

1° Dans un conducteur fixe.

Imaginons que deux fils AB et CD, placés l'un près de l'autre et parallèlement, l'un d'eux AB soit parcouru par le courant provenant d'une

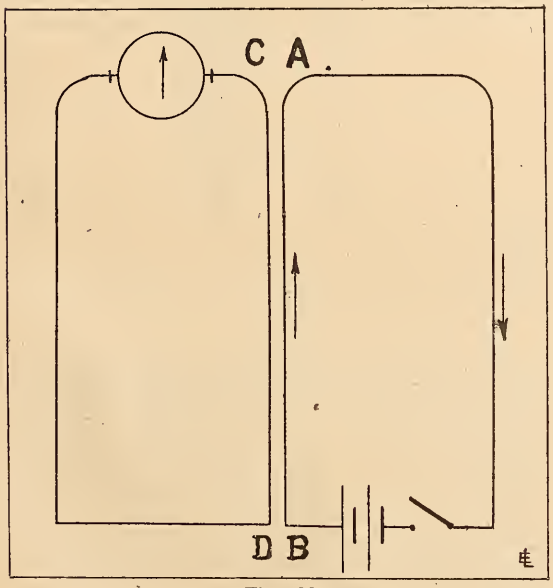


Fig. 66.

source quelconque, une pile, par exemple, et supposons que dans le fil CD soit intercalé un galvanomètre. Nous voyons que les deux circuits formés des fils AB et CD sont absolument indépendants l'un de l'autre, puisqu'ils n'ont aucune liaison entre eux (fig. 66).

Si l'on vient à fermer l'interrupteur I, un courant circulera dans le circuit de AB; au même instant, l'on verra dévier l'aiguille du galvanomètre, par exemple vers la gauche, puis revenir, après quelques oscillations, dans sa position primitive, l'interrupteur I restant toujours abaissé, c'est-à-dire le courant circulant toujours dans le fil AB.

Si, le galvanomètre étant venu au repos, l'on ouvre l'interrupteur I, l'aiguille du galvanomètre déviera à nouveau, mais, cette fois, vers la *droite*, et reviendra encore, après quelques oscillations, dans sa position primitive, malgré le passage du courant dans AB.

Les déviations de l'aiguille proviennent, comme on le comprend, de la production d'un courant dans le fil CD et prouvent : 1° que la durée de passage des courants dans ce fil est très courte; 2° que ces courants sont de sens opposé lorsqu'on ouvre et que l'on ferme l'interrupteur I.

Si les deux fils n'ont pas de liaison au point de vue électrique, ils en ont une au point de vue magnétique.

En effet, le courant qui circule dans AB produit un champ magnétique dont les lignes de force sont concentriques autour de AB (fig. 67) et leur ensemble embrasse en partie le fil CD.

Il est évident que le courant circulant dans CD produit, lui aussi un champ magnétique et, puisque ce courant est de sens opposé au courant passant dans AB, le champ produit dans ce dernier tendra à annuler le premier, ce qui arriverait si les deux conducteurs AB et CD étaient concentriques et cela aussi bien à la fermeture qu'à l'ouverture de l'interrupteur.

Le courant produit dans le fil CD prend le nom de *courant induit*, le courant circulant dans AB est appelé *courant inducteur*. Les champs magnétiques, c'est-à-dire les flux correspondants à ces courants, sont appelés flux induit et flux inducteur.

La loi suivant laquelle ont été observés les

phénomènes d'induction ci-dessus est appelée loi de Faraday.

2° Dans un conducteur mobile.

Supposons qu'un fil, ayant la forme d'un cadre C disposé comme sur la figure 68, tourne autour d'un axe AB dans un champ magnétique formé par les deux pôles d'un aimant, par exemple.

Si le cadre est fixe, le galvanomètre G intercalé entre les deux extrémités du cadre n'indique aucun courant. Si l'on fait tourner le cadre autour de l'axe AB, le galvanomètre dévie alors, indiquant dans ces conditions la production d'un courant dans le cadre.

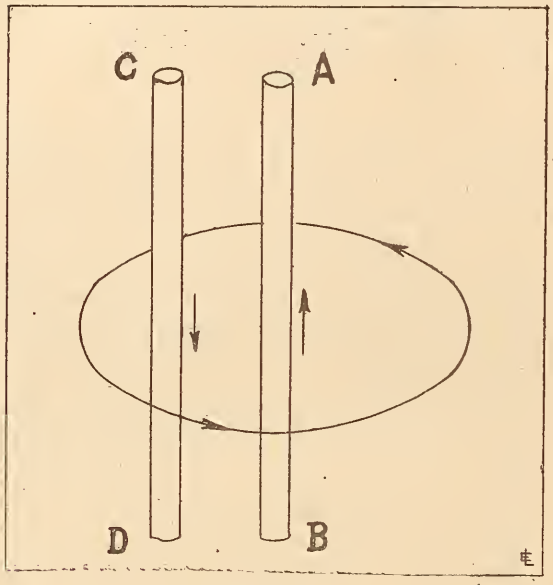


Fig. 67.

On remarque que, faisant tourner le cadre en partant de la position indiquée sur la figure 44, ce cadre s'incline de plus en plus sur l'axe NS des pôles de l'aimant, c'est-à-dire de la direction générale des lignes de force du champ inducteur NS et, de ce fait, le nombre des lignes de force qu'il embrasse décroît de plus en plus, pour devenir nul lorsque le plan du cadre coïncide avec l'axe NS.

La production du courant dans le cadre est donc due à la variation du nombre des lignes de force embrassées par le cadre dans son mouvement de rotation, c'est-à-dire est due à la variation du flux inducteur.

Observons que, dans le premier cas précédent, la production du courant dans le fil CD était aussi due à la variation du champ inducteur produit par le courant dans le fil AB. En effet, le passage ou la cessation du courant dans le fil AB produisaient l'existence ou la disparition du champ magnétique auquel était soumis le fil CD, il y avait donc bien variation du champ, c'est-à-dire du flux dans le fil CD, d'où la production du courant induit dans ce fil.

En résumé, la production d'un courant d'induction provient, soit du déplacement d'un conducteur en présence d'un flux magnétique constant, soit de la variation d'un flux magnétique en présence d'un conducteur fixe, les deux ayant pour effet la variation du flux inducteur. Les phénomènes d'induction ne se manifestent que pendant le temps de la variation du flux ; ils cessent dès que cesse elle-même la variation.

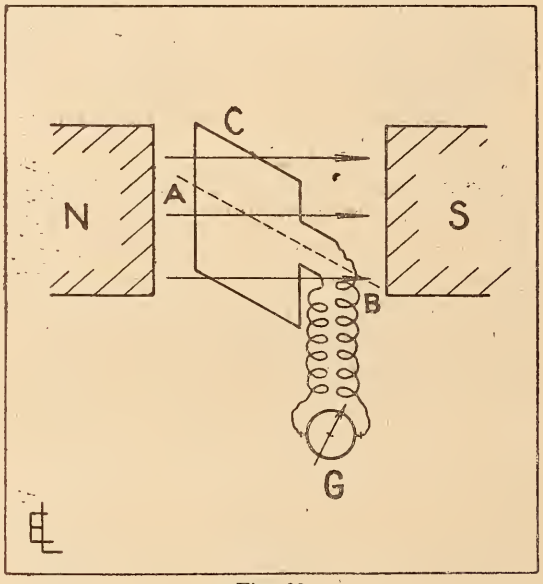


Fig. 68.

§ 49. FORCE ÉLECTROMOTRICE INDUITE

Le courant accusé par le galvanomètre est dû à l'existence d'une force électromotrice qui se développe dans le fil induit, produisant aux extrémités du fil, lorsque le circuit de ce dernier n'est pas fermé, une différence de potentiel ; la force électromotrice ainsi développée est appelée force électromotrice induite.

§ 50. LOI DE LENZ

Cette loi est ainsi énoncée :

Le champ induit s'oppose toujours à la variation du champ inducteur.

Nous avons vu que le champ magnétique développé par le courant passant dans le fil CD est de sens opposé au champ produit autour du fil AB et cela à l'ouverture comme à la fermeture de l'interrupteur I.

Lors de la fermeture de l'interrupteur I, le

champ inducteur développé autour du fil *croît* et a le sens indiqué par la flèche *f* (fig. 69); au même instant, le champ induit a le sens indiqué par la flèche *f'*, c'est-à-dire un sens opposé au champ inducteur.

Lors de l'ouverture de l'interrupteur, le champ inducteur *décroît*, mais le sens du courant induit étant alors inversé dans le fil CD, le sens du champ induit l'est aussi; il a donc, cette fois, même sens que le champ inducteur, mais comme ce dernier décroît, le champ induit vient le renforcer pour s'opposer à sa disparition, qui est dès lors retardée.

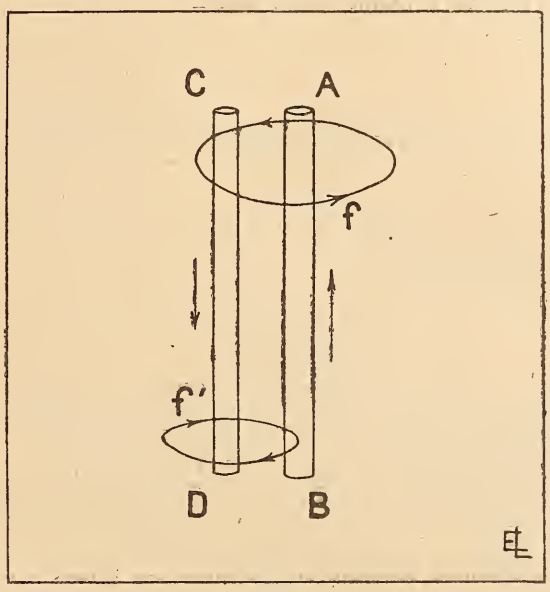


Fig. 69.

Ainsi, le champ induit s'oppose toujours à la variation du champ inducteur. Il n'est pas nécessaire que le champ inducteur disparaisse complètement, c'est-à-dire passe par zéro, pour qu'il y ait production d'un courant induit, il suffit qu'il y ait simplement variation du champ inducteur, quelle que soit l'importance de cette variation.

§ 51. DÉTERMINATION DU SENS DE LA FORCE ÉLECTROMOTRICE INDUITE

Cette détermination peut se faire à l'aide de la règle du tire-bouchon de Maxwell, que nous avons déjà indiquée, paragraphe 30.

Le sens de la force électromotrice induite est celui dans lequel il faut faire tourner un tire-bouchon pour le faire avancer dans le sens des lignes de force du champ, lorsque ce champ va en décroissant; le sens de cette force électromotrice est inversé lorsque le champ va en décroissant.

Ainsi, dans le cas de la figure 46, où C est le circuit induit, supposons que le champ ou le flux inducteur Φ_1 diminue. La force électromotrice induite étant ici produite par la diminution du flux inducteur, elle va s'opposer, d'après la loi de Lenz, à la diminution de ce flux; le flux induit représenté par la flèche Φ_2 viendra alors renforcer le flux inducteur Φ_1. Faisons alors tourner le tire-bouchon de façon à le faire avancer dans le sens du flux induit Φ_2, nous voyons que le sens de rotation sera celui dex flèches *f*, *f*, c'est-à-dire celui des aiguilles d'une montre.

On aurait procédé de façon inverse si la force électromotrice avait été due à une aumgentation du flux inducteur.

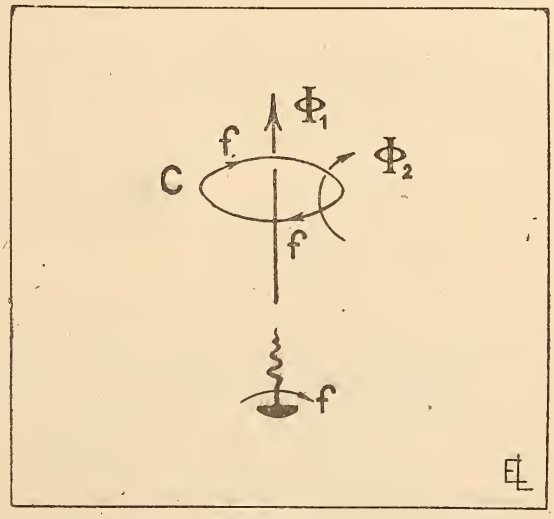


Fig. 70.

§ 52. EXPRESSION DE LA FORCE ÉLECTROMOTRICE INDUITE — RÈGLE DE FARADAY

Nous avons vu, dans le cas de la figure 68, que le flux embrassé par le cadre varie à chaque instant avec la position de ce cadre. Supposons que ce flux embrassé aille en diminuant. Le cadre embrassant, au départ, un flux Φ_1, embrasserait dans une autre position, qu'il aurait atteinte, par exemple, au bout d'un temps que nous appellerons T, un flux Φ_2 plus petit que le flux Φ_1. La variation du flux pendant le temps T est représentée par la différence $\Phi_1 - \Phi_2$. La variation moyenne du flux pendant ce temps sera représentée par :

$$\frac{\Phi_1 - \Phi_2}{T}$$

d'après la règle de Faraday, qui exprime que :

La force électromotrice produite dans un conduc-

teur est représentée à chaque instant par la variation de flux dans l'unité de temps.

Admettons tout d'abord, que l'on ait considéré la variation du flux après un temps T de 1 seconde. Si l'on considère la variation produite en un temps plus court 1/10, 1/20, etc., de seconde, c'est-à-dire seulement au bout de 1/10, 1/20, etc., de seconde après le commencement de la rotation du cadre, on comprend que le flux embrassé par le cadre aura des valeurs Φ_3, Φ_4, etc., d'autant plus rapprochées du flux Φ qu'on aura choisi un instant plus rapproché du point de départ de ce cadre, c'est-à-dire un temps T plus court, 1/10, 1/20, etc., de seconde.

Les flux embrassés par le cadre ne diffèrent du flux Φ que de $\Phi - \Phi_2$, $\Phi - \Phi_3$, etc.; les variations moyennes du flux seront alors de :

$$\frac{\Phi_2 - \Phi_3}{\frac{1}{10}}, \qquad \frac{\Phi_2 - \Phi_4}{\frac{1}{20}}, \text{ etc.}$$

Si l'on suppose un flux embrassé par le cadre se rapprochant de plus en plus du flux Φ, ce qui a lieu pour un espace de temps de plus en plus court, on voit qu'il arrivera un moment, où pour un intervalle de temps égal à zéro, la variation sera nulle, de sorte que le quotient de la variation du flux par le temps tendra vers $\frac{0}{0}$.

R. Sivoine.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 119. — Pourriez-vous me renseigner où il me serait possible de trouver des renseignements techniques sur le fonctionnement et la théorie des régulateurs de tension à courants triphasés alternatifs genre moteur asynchrone triphasé, dont le rotor calé peut se déplacer d'un certain angle par rapport au stator; soit revues, publication ou livre. Je crois même que dans un de vos anciens numéros, il y a environ une dizaine d'années, vous avez traité la question. Je voux serais très obligé si vous pouviez me fournir des renseignements à ce sujet. Les descriptions que l'on trouve soit sur Sartori, Lahaye ou autres étant fort écourtées, fausses ou mal interprétées ou en me fournissant les moyens de trouver une documentation quelconque à ce sujet.

N° 120. — Pour répondre à votre note parue dans l'*Electricien* du 1er juillet (Que deviennent les autorisations pour les postes-récepteurs de T. S. F.) j'ai l'honneur de vous informer que j'ai demandé vers le 25 mars au directeur des P. T. T. à Caen une autorisation pour la concession d'un poste radio-électrique, j'ai été invité le 5 (cinq) avril d'avoir à produire un engagement sur papier timbré et le 8, j'aurais mon autorisation (autorisation verbale). Puis-je exiger de l'administration des P. T. T. une autorisation écrite ?

N° 121. — Je vous serais très obligé si vous vouliez me faire savoir où je pourrais me procurer des brûloirs à café (pour 5 et 10 kilos par charge) automatique avec moteur électrique).

N° 122. — Deux alternateurs triphasés de 750 kw. 5.000 v. 50 actionnés chacun par une machine à vapeur à deux cylindres sont couplés en parallèle lorsque les besoins du service l'exigent. Pendant la marche en parallèle, les ampèremètres de chacun des alternateurs sont animés d'un mouvement oscillatoire qui rend la lecture impossible. Causes et remède.

Les ampèremètres sont du système Meylan-d'Arsonval.

N° 123. — Je désirerai connaître l'adresse de Maisons fabricant des fils électriques de chrome nickel de 50/10 pour résistance électrique.

RÉPONSES

N° 106 R. — Les appareils à production d'hydrogène et oxygène par électrolyse de l'eau, sont construits par la Société pour l'exploitation du système Zorzi, 47 via Copernico, à Milan.

Voici en deux mots en quoi cela consiste :

Deux électrodes de fer baignent dans une solution de soude caustique à 22° Baumé. Ces électrodes ont une forme particulière pour canaliser les gaz; l'ensemble est construit en fer, verre et ciment.

Lorsque le courant passe, la différence de potentiel entre chaque électrode est d'environ 2 à 3 volts : il faut donc les coupler en série et produire le courant continu par une génératrice à bas voltage.

Les gaz H et O sont produits à la pression normale de 400 millimètres d'eau, suffisante pour le chalumeau oxhydrique; on peut ajouter des compresseurs pour élever la pression. Fornaro.

N° 110 R. — Frein de Prony. — Voyez l'*Electricien*, n° 125 du 15 juin dr, p. 253 où vous avez, je crois, tous renseignements utiles.

En intercalant une résistance dans les inducteurs d'un moteur shunt, vous *augmentez* la vitesse et non la *diminuez*; pour réduire cette vitesse en agissant sur le champ, il faut, au contraire, rendre ce dernier plus intense, ce qui n'est, en général, pas possible. Le seul moyen pratique est d'intercaler une résistance dans l'induit en laissant au contraire l'inducteur branché directement Voici d'ailleurs la formule :

$$\frac{E}{p\,N\,\Phi}$$

n = nombre de tours.
E = voltage.
p = paires de pôles.
N = conducteurs de l'induit.
Φ flux inducteur.

Le Gérant : L. De Soye.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, Ve.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1258. 15 Août 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.
Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien;
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

MM.
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique;
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

PRATIQUE INDUSTRIELLE.

Accidents et dérangements aux machines
A COURANT CONTINU

Nous examinerons, dans cette étude, les accidents ou les dérangements qui se produisent dans les machines à courant continu, génératrices ou moteurs.

Les accidents pouvant être le fait du fonctionnement électrique ou du fonctionnement mécanique, nous les grouperons en deux catégories : les accidents d'origine électrique, les accidents d'origine mécanique.

I. — ACCIDENTS D'ORIGINE ÉLECTRIQUE

A. La dynamo ne donne pas de voltage aux bornes.

B. Les balais crachent, même à vide.

C. Les inducteurs ou l'induit chauffent de façon exagérée.

D. La machine ronfle de façon anormale.

E. Dans le cas d'un moteur, ce dernier ne démarre pas.

A. LA DYNAMO NE DONNE PAS DE VOLTAGE AUX BORNES

Ce dérangement peut provenir de plusieurs causes, nous en examinerons quelques-unes, les plus fréquentes :

1° Il y a de mauvais contacts.

2° Il y a une rupture de fils, soit dans l'induit, soit dans les inducteurs ou interruption dans le circuit extérieur.

3° Il y a un magnétisme rémanent insuffisant.

4° Il y a un mauvais couplage des inducteurs ou inversion de leur polarité, à la suite d'un court-circuit.

5° Un court-circuit s'est produit, soit dans l'induit, soit dans les inducteurs.

1° Il y a de mauvais contacts.

On s'assurera d'abord que tous les balais appuient bien sur le collecteur et de façon convenable, c'est-à-dire sans exagérer la pression ; cette dernière peut-être en moyenne, pour des balais en charbon ou en cuivre ou mixtes, de 120 grammes par centimètre carré environ.

Il faut s'assurer que ces balais sont convenablement calés ; pour cela, on fera tourner le collier porte-balais (fig. 1) autour du collecteur ; un voltmètre branché aux balais indiquera si le dérangement provient de cette dernière cause.

Le non amorçage peut aussi provenir de ce que le collecteur est sale : huile, poussières, etc. ; un nettoyage s'impose.

Dans le cas d'une machine en série, l'amorçage n'est possible que si la résistance du circuit extérieur une fois fermé, n'est pas trop grande.

Du côté des inducteurs, il faudra s'assurer qu'il n'y a pas de mauvais contacts, desserrage de bornes, de vis, d'écrous, pas de fils à la masse, etc.

2° Rupture dans l'induit, les inducteurs ou le circuit extérieur.

Dans ce cas, l'excitation de la machine par une source auxiliaire ne produira aucun résultat, que la rupture soit dans l'induit ou dans les inducteurs. Il faut isoler la machine du circuit extérieur et détacher toutes les connexions ; on fait alors un

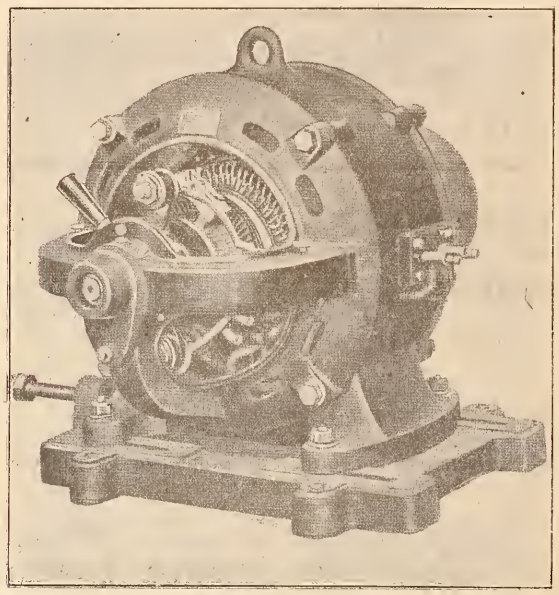


Fig. 1. — Dynamo à collier porte-balais.

essai au galvanoscope ou à la sonnerie, en procédant d'abord dans l'induit, puis dans les inducteurs. Le défaut est, dans la plupart des cas, vite décelé en procédant ainsi.

Si la rupture est à l'intérieur du bobinage, soit dans l'induit, soit dans les inducteurs, un rebobinage partiel au moins est à refaire, selon le genre d'enroulement de l'induit.

Il arrive assez souvent que des fils sont dessoudés au collecteur, l'accident est alors facilement réparable.

Si le procédé du galvanoscope n'indique pas de défaut à la machine, on examinera, dans les mêmes conditions, le rhéostat d'excitation ou toute autre partie du circuit extérieur, en isolant, de proche en proche, toute partie de ce circuit dans laquelle on opère.

3° Magnétisme rémanent insuffisant.

Il est facile de s'assurer de l'insuffisance du magnétisme rémanent à l'aide d'une boussole, comme l'on sait en la présentant en face des pôles de la machine.

On doit s'assurer, non seulement qu'une extrémité de l'aiguille de la boussole est attirée par l'un des pôles, car elle peut l'être par un bout de fer quelconque non aimanté, mais aussi que ce même pôle de la machine repousse l'autre extrémité de l'aiguille ou encore que le pôle suivant de la machine attire cette autre extrémité de l'aiguille. S'il n'en est pas ainsi, la magnétisme rémanent de la machine n'est réellement pas suffisant pour l'amorcer. Si oui, il faut alors chercher autre chose, comme nous allons voir.

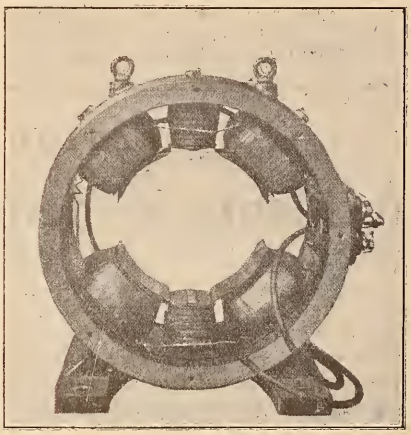


Fig. 2. — Machine démontable. Circuit inducteur.

Si le magnétisme rémanent est suffisant et s'il s'agit d'une machine shunt, on pourra appuyer fortement sur les balais après avoir augmenté la vitesse de la machine. Si cet essai répété reste infructueux, il faudra exciter les inducteurs à l'aide d'une source extérieure.

Généralement, un moyen suffisant pour obtenir l'amorçage sera, si l'on n'en a pas d'autre sous la main, d'avoir recours à deux ou trois éléments d'accumulateurs ou de piles.

S'il s'agit d'une machine série, l'amorçage peut être obtenu en court-circuitant les balais sur un plomb fusible. On lance ensuite la machine jusqu'à obtention de la vitesse normale. L'amorçage est quelquefois rapide, on en est d'ailleurs averti, comme l'on s'en doute par la fusion du plomb fusible.

4° Mauvais couplage des inducteurs; inversion de leur polarité.

S'il s'agit d'un moteur, il démarrera généralement immédiatement à une vitesse exagérée, comme s'il n'y avait pas d'excitation, et prendra en même temps un très fort courant de démarrage.

S'il s'agit d'une génératrice, le voltage aux bornes sera inférieur au voltage normal de la machine.

L'aiguille aimantée permettra de vérifier les choses de plus près. La machine étant excitée, que ce soit un moteur ou une génératrice, les deux extrémités de l'aiguille doivent être alternativement attirées en passant d'un pôle à l'autre. Si deux ou plusieurs pôles consécutifs attirent une même extrémité de l'aiguille, il y a mauvais couplage. Il faut donc refaire convenablement les connexions des électros.

Il peut se faire que les électros soient bien couplés entre eux, mais non avec les balais, cela se présente souvent après la mise en court-circuit de la machine ou si l'induit vient à être entraîné en sens inverse du sens normal; il suffira alors d'inverser les connexions des électros aboutissant aux balais.

Si un électro est grillé, évidemment la réfection de la bobine s'impose.

5° Court-circuit dans l'induit ou dans les inducteurs.

Dans le cas d'un court-circuit, la machine crache, même à vide et la section de bobinage où existe le court-circuit est brûlée. Si cet accident est au début on le constate vite à la main.

Une ou plusieurs sections d'induit peuvent être à la masse.

Le court-circuit peut aussi provenir du collecteur, entre deux lames, la mise à la masse du collecteur étant plutôt rare.

Nous verrons plus loin un moyen de recherche commode lorsque l'accident se produit au collecteur entre lames.

Lorsque le court-circuit se produit dans les inducteurs, on reconnaît la bobine défectueuse en ce qu'elle chauffe notablement plus que les autres, suivant l'importance du défaut.

B. LES BALAIS CRACHENT MÊME A VIDE

Cela peut provenir des causes suivantes :

1° Les balais ne sont pas calés sur la ligne neutre;

2° Les balais portent mal ou sont mal rodés;

3° Le collecteur est défectueux, sale ou visqueux;

4° Il existe une interruption dans le bobinage de l'induit;

5° Une section présente une soudure défectueuse;

6° Un court-circuit se produit dans l'induit ou au collecteur;

7° Un court-circuit se produit dans les inducteurs.

8° Un défaut d'isolement s'est produit dans les inducteurs ou dans l'induit.

9° La machine est surchargée.

10° L'excitation de la machine n'est pas suffisante.

11° La machine présente des entrefers inégaux.

1° Les balais ne sont pas calés sur la ligne neutre.

Ce fait se décèle et se corrige aisément en faisant tourner le collier porte-balais, l'intensité du crachement diminue ou augmente suivant le sens du déplacement du collier. On arrive aisément, après quelques tâtonnements, à trouver la position convenable, donnant le minimum d'étincelles.

Si le défaut subsistait après cette manœuvre, il faudrait alors arrêter la machine et s'assurer, une fois l'arrêt obtenu, qu'il existe bien entre chaque ligne de balais le même nombre de lames au collecteur : la moitié pour une machine bipolaire, le quart pour une machine à quatre pôles, etc.; on fera le nécessaire, s'il y a lieu, pour remplir cette condition. On s'assurera, en outre, que les balais n'appuient pas de façon exagérée sur le collecteur.

2° Les balais portent mal ou sont mal rodés.

On s'assurera que les balais portent normalement, on corrigera ce point s'il est défectueux.

En soulevant les balais, on s'assurera s'ils portent sur toute leur surface par l'état de leur usure.

Si les balais sont mal rodés, on procédera à leur rodage à l'aide de la toile émeri posée sur le collecteur, l'émeri tourné vers les balais. Les balais à roder appuyant sur l'émeri, il suffira de tirer alternativement sur chaque extrémité de la toile pour effectuer le rodage. On s'assurera que, cette opération terminée, tous les balais rectifiés porten-convenablement.

3° Le collecteur est défectueux, sale ou visqueux.

Le collecteur peut présenter des aspérités provenant de crachements ou de courts-circuits ou de l'usure inégale des lames et du mica qui les sépare. Si la machine comporte des balais en charbon, ces défauts se reconnaissent alors à ce que le collecteur est fortement noirci ou tout au moins porte des traces de brûlures.

Si les aspérités sont de peu d'importance, le papier de verre fin corrigera ces défauts, la machine étant en marche. S'ils sont plus importants, on emploiera une lime fine, mais en entraînant la machine à vide et sans excitation pour éviter les courts-circuits.

Si une lame de collecteur est en creux ou dépasse ou s'il y a un fond rond au collecteur, le tournage

de ce dernier s'impose. On opérera donc sur place à l'aide d'un petit chariot de tours, sinon on portera l'induit sur le tour.

Toutefois, au point de vue mécanique, la constitution même du collecteur, qui est formé d'éléments essentiellement hétérogènes, peut faire considérer le dommage de ce dernier comme un moyen quelque peu barbare.

Le plus souvent, la surface des lames est devenue très dure après un certain temps de fonctionnement de la machine, de sorte que pour donner du mordant à l'outil du tour, il faut avoir recours à une coupe profonde. Cela pourra avoir pour effet de faire fléchir les lames du collecteur en cours de tournage, surtout vers le milieu du collecteur, et d'endommager le mica.

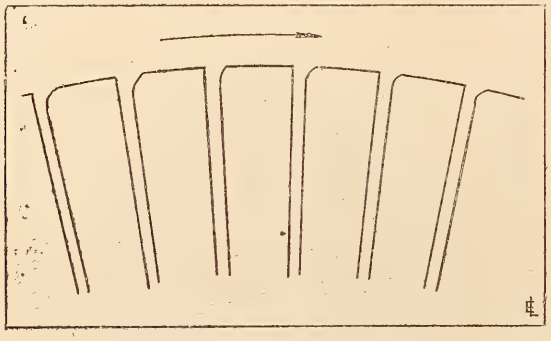


Fig. 3.

Comme le montre la figure 3 ci-contre, l'outil arrache la pointe de chaque lame près du mica, ce qui peut avoir de multiples inconvénients et qu'aucune retouche à la lime ne saurait corriger ou même atténuer.

Lorsqu'on le peut, il est donc de beaucoup préférable de rectifier le collecteur à la machine à rectifier.

Le dispositif de cette machine et son adaptation sur une machine génératrice ou un moteur pour rectification du collecteur est représenté figure 4.

Le collecteur doit être constamment tenu en état de propreté; enlever toute trace d'huile ou de viscosité, passer le papier de verre fin en marche de temps en temps et aussitôt après une légère couche de vaseline à l'aide d'un morceau d'ouate, chiffon moelleux, etc.

4° Il existe une interruption dans le bobinage de l'induit.

A première vue, ce cas peut se confondre avec le précédent; ce qui l'en distingue, c'est que, entre deux lames voisines du collecteur, le mica est généralement détruit. On remarquera, de plus, que le crachement se produit, dans ce cas, à vitesse réduite aussi bien qu'à vitesse normale.

L'examen du collecteur permet un premier repérage du défaut correspondant aux deux lames indiquées. On examinera alors si le fil correspondant à ces lames n'est pas coupé ou dessoudé. Sinon,

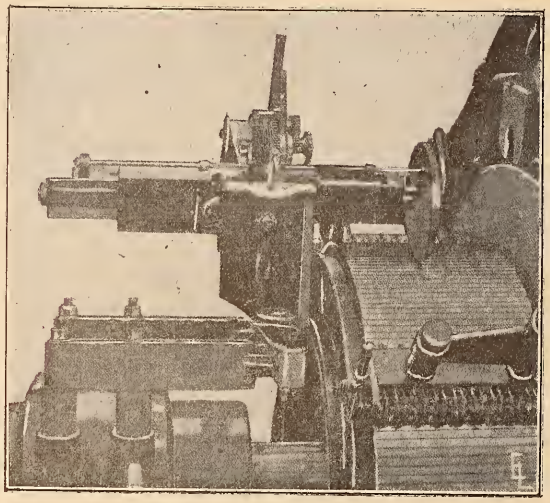


Fig. 4.

on dessoude ces fils et on vérifie à la sonnerie ou au galvanoscope les bobines correspondantes; s'il y a interruption, il faut sortir la bobine et la remplacer (fig. 5).

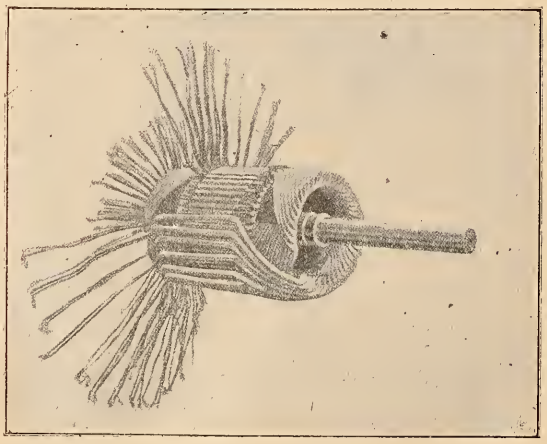


Fig. 5.

Dans un cas urgent, on peut momentanément relier les deux lames voisines où existe le défaut en soudant leurs connexions, par exemple, sans mettre en court-circuit, bien entendu, la section de bobinage défectueuse.

5° Une section présente une soudure défectueuse.

Ce cas rentre dans le précédent. Le crachement sera discontinu et la lame correspondante sera noircie à l'un de ses bords tout au moins. Il y aura aussi échauffement anormal de la section incriminée, provenant de l'augmentation de sa résistance au point de soudure.

Il suffira donc de refaire la soudure au collecteur.

6° Un court-circuit existe dans l'induit ou au collecteur.

Si le court-circuit existe dans une section elle-même, elle chauffe ou brûle. Il est donc facile de la repérer.

Si le court-circuit est plus important et s'étend à plusieurs sections, par suite de mise à la masse, par exemple, le machine ne s'amorce pas, comme nous l'avons vu. Si l'accident se produit en marche prolongée, la machine brûle, simplement.

Lorsque l'accident provient du collecteur, on peut se dispenser de dessouder les connexions au collecteur en employant le procédé de recherche ci-dessous.

Nous supposons qu'il s'agit ici, dans la figure 6 ci-contre, d'une machine bi-polaire.

Aprés avoir déconnecté l'excitation de la machine, on relie les deux tiges porte-balais BB à une batterie d'accumulateurs ou à un réseau à courant continu en interposant un rhéostat convenable ou des lampes, etc., pour limiter l'intensité du courant.

Deux petits balais mobiles tenus à la main sont reliés à un voltmètre à faible voltage V. L'un des petits balais *b*, par exemple, est appliqué sur une lame de collecteur, on déplace sur ce dernier le balai *b'*, ou tous les deux à la fois si c'est nécessaire jusqu'à ce que l'aiguille du vattmètre reste au repos. Le court-circuit se trouve alors du côté où les lames sont le plus nombreuses.

Ici, par exemple, ce seront, si l'aiguille du voltmètre reste au repos pour les positions *b* et *b'* des balais mobiles, du côté *b*, B' *b'*.

Si l'on déplace ensuite l'un vers l'autre du côté indiqué les deux balais *b* et *b'*, on s'arrêtera lorsque l'aiguille du voltmètre ne déviera plus. Le court-circuit se trouvera ainsi compris entre les deux ames ne donnant pas de déviation.

On peut remplacer la batterie d'accumulateurs par une batterie de piles et le voltmètre par un galvanomètre de monteur.

Si le court-circuit n'existait pas entre lames, il pourrait y avoir une mise à la masse. On met alors l'un des balais à la masse et l'on déplace l'autre balai sur le collecteur, comme il est indiqué plus haut. La lame ne donnant plus de déviation est celle qui est à la masse.

7° Un court-circuit se produit dans les inducteurs.

Selon la façon dont se produira le court-circuit, que ce soit un moteur ou une génératrice, l'une des bobines pourra chauffer fortement ou même brûler. L'induit pourra, au contraire, s'échauffer ou brûler, alors que les bobines resteront froides. On a alors affaire à un court-circuit entre spires ou entre spires et masse dans les inducteurs. Cet accident produit des dissymétries de champs magnétiques, d'où production de courants de circulation anormaux déterminant son échauffement exagéré.

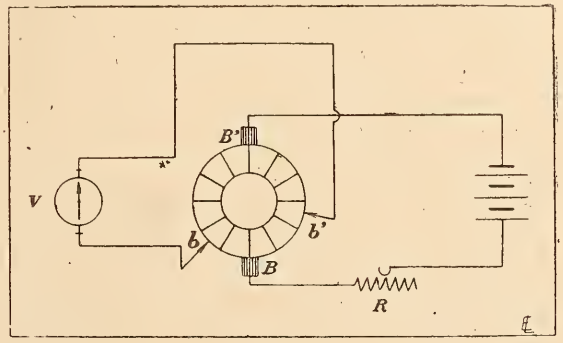


Fig. 6.

8° Un défaut d'isolement s'est produit dans les inducteurs ou dans l'induit.

S'il y a défaut d'isolement ou de l'humidité dans une bobine, ce qui peut aggraver encore le défaut par le retrait des guipages des fils par la chaleur, le crachement de la ligne de balais correspondante sera plus accentuée que celui des autres. La bobine où existera le défaut sera alors plus chaude que les autres. On pourra aussi mesurer son isolement par rapport à la masse.

La bobine défectueuse est à refaire, au moins en partie, selon le cas.

Si c'est une section de bobinage de l'induit qui présente un défaut d'isolation, elle ne tarde pas, généralement, à brûler. Les mêmes phénomènes que pour un court-circuit dans une section d'induit se reproduisent alors.

L'huile provenant de paliers défectueux se répandant sur l'induit ou les électros peut provoquer l'accident que nous venons de signaler.

Nous verrons, dans un prochain article, les autres accidents et les remèdes à leur apporter.

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

*

La Télégraphie rapide.

APPAREIL BUCKINGHAM

Dans une série de Notes de Télégraphie (1), *l'auteur a indiqué, en un langage clair et imagé, les principes conduisant à la télégraphie rapide. Il décrit ici l'application de ces principes, à l'un des appareils les plus récents de télégraphie rapide, le* Buckingham, *employé en Amérique, par comparaison avec les appareils français décrits précédemment.*

Cet appareil est en service aux Etats-Unis entre New-York et Chicago. Je l'ai vu aussi en service à Philadelphie dans le bureau télégraphique d'une Compagnie de chemins de fer, à côté du Morkrum. Bien qu'il date de 1895, c'est en 1902 qu'il a reçu ses perfectionnements définitifs. Il ne paraît pas avoir été décrit d'une façon détaillée dans les publications françaises. Je ne l'ai vu qu'en Amérique. Je sais les objections de principe que l'on peut lui faire, si on le compare au Baudot; mais est-ce une raison pour ne pas étudier un mécanisme d'une ingéniosité admirable? Il résout des problèmes que peut-être quelque technicien cherche à élucider de ce côté-ci de l'Océan; une invention en engendre une autre. Je dirai donc quelques mots de cet appareil. L'inventeur est un avocat : l'esprit souffle où il veut.

C'est un appareil imprimeur qui imprime en caractères typographiques comme le Hughes; c'est un appareil à composition préalable par bandes perforées, comme le Wheatstone; le perforateur est une machine à écrire, comme dans le Murray et le Baudot-Carpentier; mais il résout une difficulté particulière : il perfore d'un seul coup tous les signaux qui composent une lettre, or ces signaux occupent sur la bande des longueurs inégales, suivant les lettres; il faut donc que l'avancement du papier se fasse par sauts à chaque lettre de la quantité voulue, et cette quantité diffère d'une lettre à l'autre. C'est une sujétion qui se trouve aussi dans le perforateur Terrin avec clavier Hughes pour la transmission automatique sur les câbles sous-marins. M. Terrin a su fort ingénieusement, suivant le nombre des poinçons engagés dans la perforation en bloc d'une lettre Morse, armer un secteur denté proportionnellement à chaque perforation élémentaire, de telle sorte qu'au moment où la touche se relève, ledit secteur denté, mû par un ressort, revient à sa position de repos en faisant avancer d'un seul coup la bande, d'un nombre de pas égal à celui des durées élémentaires qu'il a enregistrées. C'est une des particularités les plus intéressantes des machines modernes que ces organes qui sont ainsi chargés des fonctions de la mémoire. Le plus remarquable de tous est sans doute celui qu'on rencontre dans la linotype et qui indique en fin de ligne l'accroissement proportionnel qu'il faut donner aux espaces de la composition typographique, pour que la justification soit parfaite. En ce cas, c'est sur la bande perforée qu'en fin de ligne le compositeur inscrit un record spécial; aussi a-t-on soin, quand ensuite on fait passer la bande dans la fondeuse de caractères, d'engager la bande à l'envers pour que la fondeuse prépare la position correcte de son coin de justification, avant que la fonte de la ligne ne commence. Ce n'est point par fantaisie que je cite un exemple de problème qui se pose également en télégraphie et en composition typographique mécanique : l'analogie pourrait se poursuivre bien plus loin; c'est en cherchant à résoudre la composition mécanique que Murray a trouvé son admirable télégraphe. Mais revenons à l'appareil Buckingham.

Ce n'est pas un appareil mutiple, c'est bien un appareil rapide comme le Wheatstone lui-même. Cependant, comme le Bréguet, c'est un système commandé, dans lequel le récepteur marche pas à pas suivant les alternances des courants positifs et négatifs émis par le transmetteur. Comme le Bréguet encore et comme le Hughes il a un rappel au blanc; mais ce rappel au blanc est opéré à distance, par un signal spécial et d'une façon automatique.

Le nombre des signaux élémentaires pour les lettres et les principaux signes conventionnels est toujours de six, mais leur durée peut être brève ou longue.

Quand il s'agit des chiffres zéro et un, ils sont remplacés par les lettres *o* et *i*; mais les autres chiffres sont caractérisés par huit émissions au lieu de six, et ces émissions supplémentaires ont pour effet d'actionner un relais particulier, d'où résulte un déplacement latéral supplémentaire de la roue des types, qu'on ne saurait mieux comparer qu'à l'inversion du Hughes ou du Baudot.

(1) Voir l'*Electricien* nos 1245, 1246, 1247, 1248, 1249 et 1254.

La réception se fait sur feuille et non sur bande; mais cette feuille est introduite sous forme de tube et glissée sur un manchon. Le tube de papier, formé d'une feuille dont les bords ont été juxtaposés et collés, présente une suture longitudinale suivant une génératrice. L'impression a lieu ligne par ligne, et à chaque révolution, la suture est sautée. Un dispositif particulier permet de mettre la signature au milieu de la page, au lieu de la recevoir au bord de la marge.

L'avantage de la réception sur feuille est controversé.

J'en conviendrai, la réception sur bande (sur un mince ruban de papier) utilise mieux la ligne télégraphique que la réception par feuille à cause des à la ligne et des lignes en blanc; cependant, si je me place au point de vue de la clientèle, je crois que la feuille imprimée est plus présentable; par conséquent, je ne voudrais pas que l'on fît un grief à un système du temps qu'il perd, dans la réception feuille à feuille, entre les télégrammes, pour laisser le blanc convenable, parce que, ce temps étant employé à une opération qui est favorable à la qualité du produit, il n'est pas tout à fait perdu et parce qu'il convient de mettre en balance l'avantage qu'en retire le destinataire.

L'appareil peut être exploité en duplex; on pourra même ajouter que, dans les appareils qui ne sont pas multiples, c'est une nécessité d'exploitation, parce qu'autrement le bureau réceptionnaire se trouve complètement isolé de son correspondant pendant toute la durée de la transmission automatique de la série de télégrammes que comporte la bande. Si donc il veut, pendant cette période, demander quelque renseignement de service urgent, une rectification, par exemple, à un télégramme antérieur défectueux, il est obligé, pour pouvoir interpeller le bureau expéditeur, de recourir à la voie du duplex. Or, ce mode d'exploitation n'est praticable que si l'état électrique de la ligne a une stabilité suffisante, qualité qui fait généralement défaut en France, pour de nombreuses raisons ou déraisons.

Le rendement de l'appareil Buckingham est remarquable.

Dans les transmissions d'épreuve que l'on effectue de temps en temps, on arrive couramment à cent mots à la minute, les mots étant comptés de cinq lettres, plus un blanc de séparation.

Je reproduis, à titre d'exemple, les lettres C et K de l'alphabet employé, telles qu'elles se présentent sur la bande perforée (fig. 1) et je vais dire un mot du code employé.

Les trous du milieu ont été préparés à l'avance pour l'avancement du papier; ils sont plus petits que ceux qui sont destinés à régler le passage des aiguilles du transmetteur, genre Wheatstone, qui est chargé de l'envoi des courants.

Chaque trou de la rangée supérieure correspond à l'émission d'un courant positif, chaque trou de la rangée inférieure à l'émission d'un courant négatif. L'espacement des trous détermine la durée des émissions.

On voit que le Code est distinct du Code Morse.

Comme il n'y a pas de synchronisme et que c'est à la fin d'une lettre que l'impression doit être provoquée, il faut que quelque particularité distingue la fin d'une lettre. La fin d'une lettre est en effet caractérisée par ce fait qu'elle arrive sixième, qu'elle est négative et enfin qu'elle est de longue durée. Considérons maintenant un chiffre, le nombre deux, par exemple (fig. 1) :

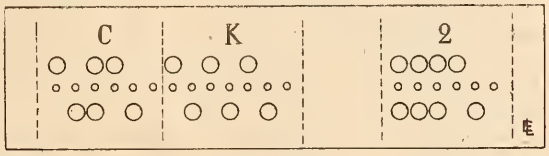


Fig. 1.

Au lieu de six émissions, nous en avons huit; la sixième est toujours négative, mais de courte durée; c'est ce qui caractérise un chiffre (autre que un et zéro); mais la fin de transmission du chiffre est toujours caractérisée par ce fait que l'émission dernière est négative et longue. Il faudra donc que chaque fin de lettre ou de chiffre mette la ligne directement ou indirectement en communication avec un relais insensible au courant négatif de courte durée, mais qui fonctionne si l'émission négative se prolonge.

Observons qu'il y a toujours dans chaque lettre trois émissions positives et trois émissions négatives, alternées, seulement elles peuvent être longues ou courtes. Il s'agit maintenant de comprendre pourquoi la traduction est possible.

Il y aura tout d'abord un relais polarisé sensible aux alternances, c'est lui qui fera marcher pas à pas un distributeur à cinq contacts, grâce auquel la ligne sera mise successivement en relation avec cinq relais traducteurs; seulement, le relais traducteur ne sera autorisé à envoyer lui-même un courant de travail dans les organes actifs qu'autant que l'émission sera une émission longue; si le courant a une durée suffisante, il actionnera le relais auxiliaire chargé de fournir la pile au butoir de travail du relais traducteur.

Ces idées se préciseront dans la description du mécanisme, mais avant d'entrer dans le détail il est utile d'approfondir la constitution de l'alphabet. Nous venons de voir que dans la formation d'un signal élémentaire, il y a à distinguer le signe de

l'émission et sa durée; mais les signes étant toujours alternés ne sont pas caractéristiques de la lettre transmise; enfin le dernier courant négatif de longue durée étant le même pour toutes les lettres et se trouvant chargé de déclancher l'accomplissement des « fonctions » constitue une émission qui n'entre pas non plus dans la discrimination.

Il résulte de là que les caractères déterminatifs d'une lettre particulière sont, en définitive, les rangs attribués aux valeurs longues des émissions parmi les cinq premières émissions.

On peut en conclure que nous sommes, en réalité, en présence d'un code à cinq signaux; c'est le Code Baudot, avec cette différence que, dans le Code Baudot, les caractères déterminatifs d'une lettre particulière sont les rangs attribués aux valeurs positives des émissions, parmi les cinq émissions d'égale durée, correspondant à une lettre quelconque; dans le Baudot, c'est le sens, dans le Buckingham, c'est la durée qui distingue le courant de travail du courant de repos.

ducteur de presse est obligé de faire, quelle que soit l'impression, comme de passer des cordons, de mettre la forme sur la platine, de nettoyer, de placer l'habillage sur les cylindres, etc. Ce sont les fonctions. Pour un appareil imprimeur, les fonctions consisteront à maintenir l'orientation ou le synchronisme, à produire l'impression, à ramener sur leur butoir de repos les armatures des électro-aimants actionnés, à faire avancer le papier après chaque impression de la largeur d'une lettre, etc. En télégraphie, les fonctions sont souvent désignées sous le nom d'actions locales.

C'est le dernier courant négatif qui, dans l'appareil que nous examinons, est chargé des fonctions et c'est pour qu'il ait une action effective qu'il est toujours de longue durée.

D'autre part, grâce à l'alternance régulière et sans aucune exception, du courant positif et du courant négatif, le relais de ligne, qui est polarisé, maintient l'accord entre le mouvement de progression pas à pas du distributeur d'arrivée avec le

a — 00001	*f* — 01001	*k* — 10101	*p* — 10110	*u* — 01010	*z* — 11001	blanc	— 00000
b — 01110	*g* — 11000	*l* — 10010	*q* — 10111	*v* — 01101	, — 11101	à la ligne	— 00000
c — 10001	*h* — 10100	*m* — 00111	*r* — 01100	*w* — 10011	. — 01111	&	— 11111
d — 00011	*i* — 10000	*n* — 00110	*s* — 00101	*x* — 11010	? — 11011		
e — 00100	*j* — 11100	*o* — 01000	*t* — 00010	*y* — 01011	- — 11110		
2 10,00000	3 10,00001	410,00010	5 10,00011	6 10,00100	710,00101	810,00110	910,00111

Fig. 2. — Tableau alphabétique.

Me plaçant à ce point de vue, je puis traduire une lettre dans la numération binaire, en mettant le chiffre zéro pour une émission brève, le chiffre un pour une émission de longue durée et j'obtiens le tableau suivant de l'alphabet, tableau qui ne peut contenir que trente-deux signaux, ce nombre répondant à la combinaison 0 0 0 0 0 et aux trente et un premiers chiffres, de la numération binaire, puisqu'on arrive ainsi à 31 = 1 1 1 11.

Cette représentation signifiera, par exemple, pour la lettre *a*, que la première émission envoyée sera seule longue, que ce sera la seconde seule pour la lettre *t*, les deux premières pour la lettre *d*, etc., toutes les cinq seront longues pour le signe &.

Pour le chiffre 4, après avoir envoyé les signaux qui constituent la lettre *t*, on lui donne la valeur d'un chiffre en envoyant une émission brève au lieu de l'émission négative longue chargée des fonctions; l'impression est donc différée; l'inversion s'opère et ce n'est qu'après que l'émission positive longue suivante a produit son effet qu'enfin arrive à son tour l'émission négative finale de longue durée et les fonctions s'accomplissent.

J'emprunte cette expression de « fonctions » à l'art de l'imprimeur. On entend par ce mot l'ensemble des opérations préparatoires que le con-

mouvement d'avancement de la bande dans le transmetteur de départ. Comme les courants sont d'inégale durée, il n'y a pas synchronisme, c'est-à-dire accord dans le temps, mais il y a permanence de l'accord dans l'espace, maintien de l'alignement pendant la marche; c'est ce qu'on appelle l'orientation dans les appareils tournants. En recourant au mot grec desmos, qui signifie au propre ligament, on pourrait dire qu'il y a une commande desmodromique de l'appareil d'arrivée par l'appareil de départ.

En résumé, l'alternance de signe des courants fait marcher le récepteur pas à pas; la valeur longue ou brève des cinq premières émissions caractérise la lettre; la sixième émission produit l'impression, si elle est longue; si elle est courte, l'impression est différée; la septième émission qui est positive et longue substitue alors un chiffre à une lettre et la huitième émission qui est négative et longue produit l'impression. Il y a six courants par lettre et huit par chiffre, un et zéro exceptés.

Ces explications préliminaires rendent très simple l'exposé de la « traduction », c'est-à-dire de l'opération qui a pour effet de traduire les signaux reçus en un déplacement correct de la roue des types.

Il y a lieu de remarquer qu'au cours d'une récep-

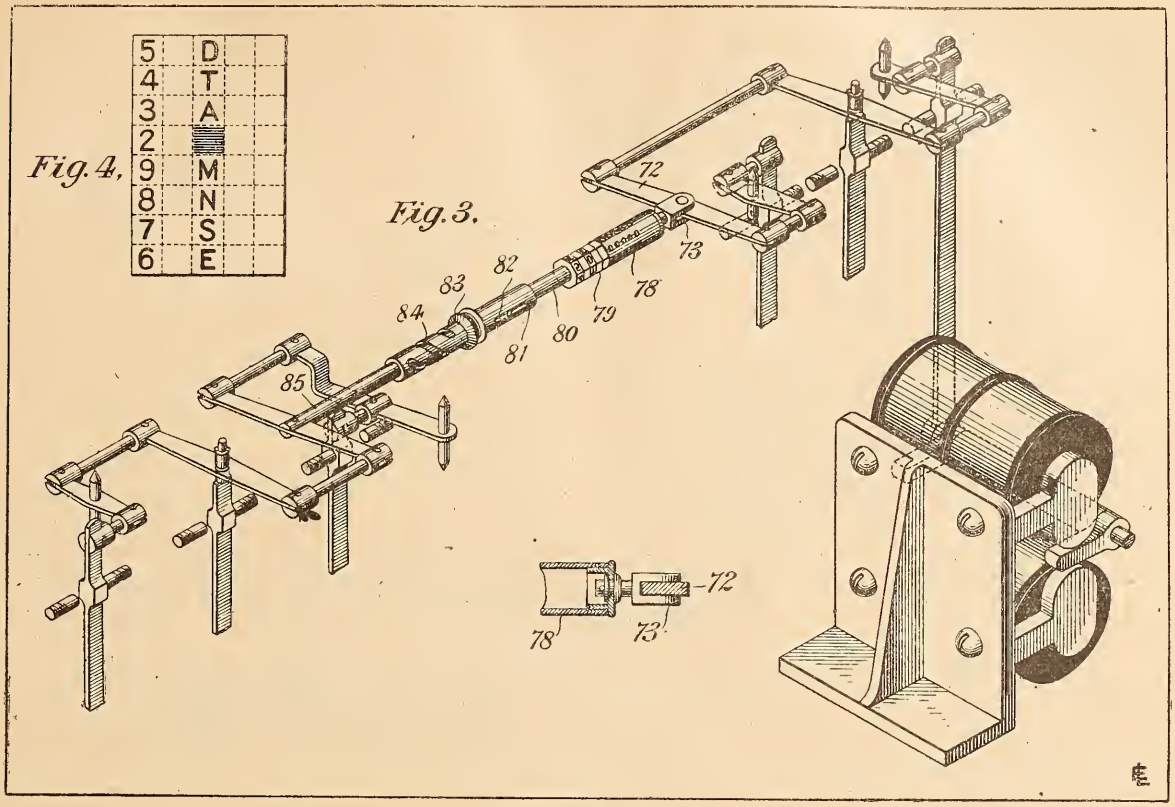


Fig. 3 et 4.

tion à l'appareil Buckingham, les lettres se suivent trop rapidement pour que l'on ait pu les mettre toutes à la périphérie d'une même roue, il faut pouvoir imprimer immédiatement l'une après l'autre deux lettres quelconques; le cas le plus défavorable est celui où elles sont voisines, mais où la seconde à imprimer est en avance d'un pas sur la première, dans le sens du mouvement, ce qui oblige à laisser entre l'impression de deux lettres consécutives une marge de la durée d'une révolution. M. Buckingham tourne cette difficulté, en répartissant les 40 caractères (32 lettres et 8 chiffres) entre cinq roues juxtaposées; le tout est un organe en forme de prisme droit à huit facettes, chaque facette contenant cinq lettres. On peut le décomposer, par la pensée, en cinq prismes élémentaires accolés, chacun de l'épaisseur d'une roue, au moyen de plans équidistants perpendiculaires à l'axe de rotation. Mais alors, une simple rotation ne suffit plus pour amener un type quelconque à la position d'impression.

Il faudra donc, en outre, déplacer le long de son axe le prisme porte-types.

Etant d'amplitude réduite, les deux mouvements de rotation et de translation longitudinale seront effectués avec une rapidité suffisante, parce que l'organe mobile tout entier n'a qu'un petit volume et qu'un très faible moment d'inertie.

La figure 4 représente le développement du prisme. On n'y a figuré que les caractères de deux des cinq roues des types accolées.

En résumé, la roue des types est formée de cinq roues accolées, il faudra faire tourner l'organe pour imprimer les diverses lettres d'une roue et le déplacer latéralement pour substituer une roue à une autre.

La figure 3 représente le mécanisme qui a pour fonction de déplacer latéralement le porte-type et de le faire tourner suivant la position des armatures des relais traducteurs.

Disons tout de suite que l'impression se fait comme dans une machine à écrire, par la propulsion du papier contre le caractère à imprimer, au moyen d'un marteau, avec interposition entre le type et le papier d'un ruban encreur, qui doit se dérouler d'un pas à chaque lettre tapée; un électro-aimant spécial accomplit cette fonction.

Le mécanisme de la figure 3 peut être schématisé (fig. 5.).

Je considère un système $a\ a'\ b'\ b''\ m''\ m'\ c'\ \omega$ de

bielles articulées en a', b', b'', m'', m', c', pivotées en α et ω; les points α et ω sont fixes. En a, b et c, sont articulés les leviers de trois relais d'exécution A, B, C, tandis qu'en M est articulé l'arbre longitudinal dont le mouvement de translation suivant l'axe sera transformé en un mouvement de rotation de l'organe imprimeur. Un autre système de bielles articulées sera chargé du déplacement de cet organe dans le sens de son axe.

Si un relais traducteur est actionné et si l'émission correspondante est longue, le relais correspondant d'exécution fonctionne.

Admettons que ce soit le relais A; les armatures des relais B et C restant sur leurs butoirs de repos, les points b et c sont fixes. Le point a se déplace d'une quantité déterminée vers la gauche. La bielle a a' pivote autour de α', alors a' chasse b' et b' b'' tourne autour de b qui sert de pivot fixe, b'' entraîne m'' et m'' se déplace de la même quan-

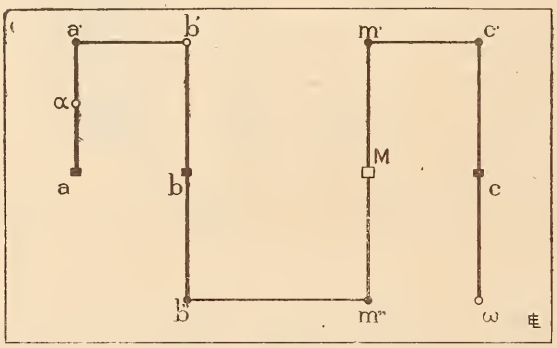


Fig. 5.

tité que a. D'autre part, la bielle cc' reste immobile, puisque son pivot ω est fixe et que c est resté immobile. Il en résulte que la bielle m'' m' pivote autour de l'articulation m' et que M se déplace dans le sens de a et avec une amplitude réduite de moitié.

On verrait de même que b, en se déplaçant vers la gauche, transmet son mouvement à M, s'il est seul à bouger.

Enfin, si c se déplace vers la droite, c entraînera M vers la droite.

Le mouvement de M est celui de l'arbre 85.

Donc a, b, c ont chacun une position de repos que j'appelle o et une position de travail que j'appelle 1. Si a me représente les unités simples, b, les unités du second ordre et c celles du troisième de la numération binaire, les diverses combinaisons de leurs positions correspondent aux nombres naturels depuis 000, 001, 010, etc., jusqu'à 111, ce qui fait huit combinaisons.

Comme les mouvements individuels s'ajoutent purement et simplement, nous avons donc un nombre de combinaisons de déplacement suffisant pour amener en bonne position l'une quelconque des huit facettes.

a ou 001 fait tourner de + 45° (dans un sens).

b ou 010 fait tourner de + 90° (dans le même sens).

c ou 100 fait tourner de — 180° (c'est-à-dire dans l'autre sens).

D'où les huit combinaisons :

000	001	010	011	100	101	110	111
0°	45°	90°	135°	–180°	–135°	–90°	–45°

Ainsi, en utilisant les deux sens de rotation, et en ayant cinq roues accolées au lieu d'une, non seulement la rotation porte sur une circonférence moindre, mais encore elle n'est jamais que d'une demi-révolution au plus.

On voit sur la figure 3 que l'arbre 85 porte une goupille qui glisse dans la rainure hélicoïdale 84 forçant ainsi la douille 83 à tourner, parce qu'elle ne peut participer au mouvement le long de l'axe. Or la douille 83 porte elle-même une fente longitu-

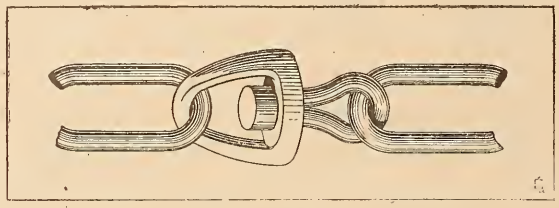


Fig. 6.

dinale 81 qui entraîne par une goupille rivée sur lui l'axe 80 de la roue des types 79.

Pour comprendre le genre de liaison ainsi obtenu, il suffit de se rappeler ce que c'est qu'un émerillon (fig. 6).

Un émerillon se compose d'un étrier percé à la base d'un trou par lequel passent les deux extrémités d'une tige en fer rond, recourbée en forme de boucle; une bague en fer, fraisée et rivée aux deux extrémités réunies de cette tige, permet au bout mâle de l'émerillon de tourner tout autour du bout femelle, mais sans pouvoir prendre aucun déplacement longitudinal.

Les émerillons sont nécessaires aux chaînes employées dans la télégraphie sous-marine.

L'assemblage des deux parties de l'arbre de la roue des types s'effectue par une disposition toute semblable.

On conçoit aisément que les déplacements de glissement longitudinal de l'arbre suivant son axe puissent lui être communiqués par trois autres électro-aimants; je ne décrirai pas le mécanisme qui est figuré sur la figure 3. Je rappelle seulement que, pour les lettres, deux seulement, entre les

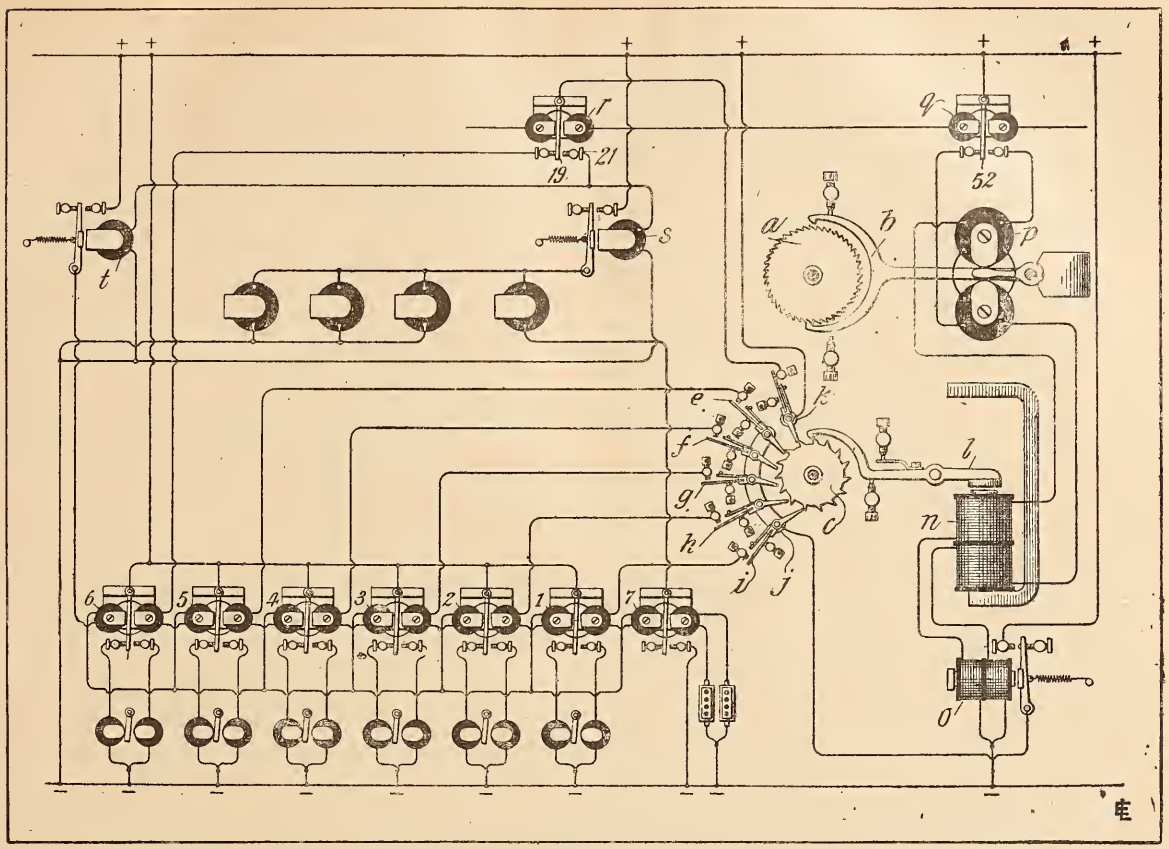


Fig. 7

trois, produisent un déplacement, ce qui fait quatre combinaisons.

Le déplacement supplémentaire nécessaire pour des chiffres de 2 à 8 est dû à l'inversion qui actionne le troisième électro-aimant en temps utile.

Examinons maintenant comment sont actionnés les traducteurs.

Examinons d'abord la commande de l'avancement pas à pas.

La ligne aboutit à un relais de ligne qui est un relais polarisé. Comme les courants sont alternés, à chaque signal élémentaire l'armature change de position et ce mouvement de va et vient est en tout semblable à celui du mouvement oscillatoire du pendule d'une horloge qui, par le moyen de l'échappement à ancre dépendant et à repos, règle la rotation pas à pas de la roue d'échappement. L'isochronisme, dans l'espace, si l'on peut s'exprimer ainsi, se trouve assuré par ce moyen. L'armature 52 (fig. 7) du relais de ligne *q* bat alternativement sur ses deux butoirs fermant le circuit d'une pile locale sur l'électro-aimant *p* qui est parcouru par le courant de façon que l'ancre *b* est attirée alternativement vers le haut et vers le bas. La roue d'échappement *a*, sollicitée par un ressort, tourne d'une dent à chaque oscillation complète. Or cette roue est solidaire de la roue *c* du distributeur, laquelle a un nombre de dents trois fois moindre. L'ensemble des deux roues ne pourra donc céder à la sollicitation du ressort moteur que si cette roue distributrice n'est pas en prise avec le cliquet *l*. C'est ce qui arrivera si ce cliquet se trouve entre deux dents de la roue distributrice ou bien si l'émission est de longue durée, car, en ce cas, l'électro *n* qui est indifférent à l'action des courants brefs, mais qui obéit aux courants longs, aura attiré le bras du cliquet *l* et l'arrêt se sera effacé devant la marche de la roue *c*.

De là résulte un moyen de rappel au blanc. Il suffit d'envoyer quelques alternances de courants brefs et la roue d'échappement *a* entraînera la roue distributrice *c* jusqu'à ce qu'elle vienne buter contre le cliquet d'arrêt *l*.

C'est ce qui se produira en particulier si on envoie le signal blanc des lettres qui n'est constitué que par des émissions courtes, dans sa partie discrimi-

native. Lorsque la mantisse, courant négatif long, qui se produit aussitôt après, comme à la fin de toute lettre, aura été recue, le cliquet d'arrêt ayant donné voie libre, la roue distributrice *c* aura établi le contact de l'une de scs dents avec le levier à ressort *e* qui correspond au premier électro-aimant traducteur.

L'appareil ainsi placé se trouve orienté.

Nous venons donc de voir comment la marche synchronique pas à pas est obtenue et maintenue, comment le rappel au blanc fonctionne et ce que c'est que l'orientation correcte.

Ce sont des fonctions qui sont indépendantes de la constitution des signaux.

Il s'agit maintenant de voir la réception d'une lettre.

Tout d'abord, un mot du mécanisme. La roue d'échappement ayant trois dents pour une de la roue distributrice, il en résulte que c'est au bout de six émissions que la roue distributrice a tourné d'une dent. Dans cette marche, elle a fait six repos. Tout d'abord une de ses dents était en contact avec le levier à ressort *e* du premier électrotraducteur; au second repos, c'est la dent précédente qui vient en contact avec le levier à ressort *f* du second électrotraducteur; il suffit de regarder la figure pour se rendre compte de la disposition adoptée pour obtenir cet effet; au troisième repos, c'est la seconde dent en avant qui vient en contact avec le levier *g*; au quatrième et au cinquième, la troisième et la quatrième dent en avant viennent toucher les levier *h* et *i*.

Au cours de cette marche, les électrotraducteurs 5, 4, 3, 2, 1 ont donc été mis successivement en communication conductrice avec la platine *j*, prêts à fonctionner, si cette platinc recevait la pile. C'est ce qui a eu lieu à toute émission de longue durée, parce qu'alors l'électroaimant *o*, insensible au courant bref, aura obéi à l'impulsion qui s'est prolongée et le déplacement de son armature aura fourni la pile. Cet électroaimant se trouve dans le même circuit que l'une ou l'autre des deux branches dc l'électroaimant de battement *p* et que les bobines de l'électroaimant d'arrêt *n* dont nous avons déjà parlé.

Un courant quelconque n'a d'action cffective sur un relais traducteur qu'autant que l'électroaimant *o* a préalablement obéi.

Voilà donc les cinq électro-traducteurs dûment actionnés. Chacun d'eux gouvcrne à son tour un des électroaimants d'exécution qui agissent sur le système de levicrs articulés déjà décrit pour amener l'organe porte-types en position.

Survient alors la sixième impulsion qui est toujours négative, mais qui peut être longue ou brève, longue s'il s'agit d'une lettre, brève s'il s'agit d'un chiffre de 2 à 9.

Cette sixième impulsion a pour effet de mettre une dent de la roue distributrice en contact avec le levier *k* à ressort.

Admettons qu'elle soit de longue durée, alors le levier *k*, qui est en contact permancnt avec la pile locale, enverra un courant dans l'électroaimant S et l'actionnera. Sur la ligne se trouve embroché, en effet, un second électroaimant polarisé *r*. Sous l'action du courant négatif, son armature 19 se porte sur le butoir de travail 21 et aiguille le courant venant du levier *k* sur l'électroaimant S à action retardée. Cet électro S, insensible au courant bref, fonctionne donc dans l'hypothèse où nous nous sommes placés et c'est lui qui déclenche les différentes fonctions locales, d'impression, d'avancement du papier, de déplacement du ruban encreur, etc., en agissant sur un premier relais, lequel en agissant sur un second relais, provoque enfin le retour au butoir de repos des armatures des traducteurs, qui ont été actionnés.

Admettons maintenant que l'émission négative de rang six soit de courte durée, alors l'électroaimant S ne fonctionne pas, puisqu'il est à action retardée, et il en est de même de l'électroaimant d'arrêt *n*. Or, à cette sixième émission, le cliquet d'arrrêt barre la route à la roue distributrice en butant contre une des dents. Il maintient donc l'interdiction. Par suite il maintient l'envoi d'un courant local par le levier *k*, mais comme le courant n° 7 est positif, ce courant est dirigé par l'armature 19 du second relais de ligne *r*, qui est un relais polarisé sur l'électroaimant 6, analogue aux électrotraducteurs, et l'inversion s'opère; j'entends par là que, par un moyen différent de celui de la traduction ordinaire d'une lettre, on est ainsi parvenu à agir sur un sixième électroaimant d'exécution de façon à faire subir à l'organe porte-type un déplacement longitudinal supplémentaire amenant en position la roue qui correspond aux chiffres de 2 à 9.

L'avantage de l'inversion, c'est que, dans la majorité des cas, six signaux suffisent à l'impression d'un caractère typographique et que ce n'est que dans un cas exceptionnel, celui des chiffres 2 à 9, qu'on a recours à un nombre de signaux supérieurs. C'est donc un gain sur le système, mécaniquement plus simple qu'on aurait pu réaliser, en employant uniformément 8 émissions au lieu dc 6 pour la formation d'un signal.

L'émission positive n° 7 agira donc puisqu'elle est longue ct l'émission n° 8 étant négative accomplira ensuite lcs fonctions locales comme dans le cas d'une lettre ordinaire.

Puis tout sera en position pour la réception de la lettre suivante :

La description de l'appareil Buckingham n'est évidemment pas terminée ainsi. Il y aurait à décrire le mécanisme d'impression et de mouvement du papier ainsi que le perforateur.

Mais j'estime que ces parties intéressent plus le mécanicien que le télégraphiste, aussi m'arrêterai-je ici, malgré l'ingéniosité remarquable des solutions qu'il me resterait à développer.

Je ferai remarquer seulement, en terminant, le rôle de plus en plus important que joue dans la technique télégraphique ou téléphonique, la constante de temps des électroaimants. Jadis, on ne distinguait guère que les électroaimants neutres et les électroaimants polarisés ; mais aujourd'hui, il faut envisager, au même titre que les précédents, les électroaimants qui ne sont sensibles que si l'émission se prolonge un temps suffisant bien déterminé.

POMEY J.-B.
Ingénieur en chef des P. T. T.

Calcul simplifié d'un rhéostat de démarrage pour moteur

COURANT CONTINU (1).

Soit I intensité du courant dans l'induit, — courant normal si on désire ne pas le dépasser pendant le démarrage, — généralement on admet une valeur plus élevée, le démarrage se faisant à vide.

I^a le courant dans la résistance à l'instant du passage d'une touche à l'autre ;

n le nombre de tronçons de résistance du rhéostat ;

r la résistance d'induit ;

E la tension aux bornes ;

x la valeur de la résistance de chacun des tronçons du rhéostat.

$$I^a = I\sqrt[n]{\frac{E}{I\,r}}$$

$$x_1 = \left(\frac{I^a}{I} - I\right) r$$

$$x_2 = \frac{I^a}{I}\,x_1$$

$$x_3 = \frac{I^a}{I}\,x_2$$

et ainsi de suite pour tous les tronçons, le total R des x doit donner $R = \frac{E}{I} - r$.

La résistance d'induit r n'est généralement pas connue *a priori* ; mais comme elle est faible dans la plupart des cas, on peut la négliger.

L'inconvénient de la formule est qu'il faut chercher une racine élevée (au-dessus de la cubique généralement), et, par conséquent, avoir recours aux logarithmes.

Voici une autre façon, — graphique, — de conduire le calcul :

On trace à l'échelle, en abscisse Résistance totale

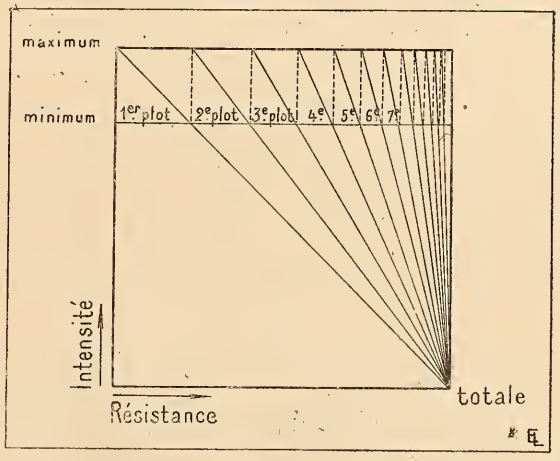


Fig. 1

du rhéostat, en ordonnée l'intensité limitée par deux lignes horizontales, intensité minimum et intensité maximum à admettre. On tire ensuite les résultantes prenant naissance à la résistance totale et aboutissant chacune à la verticale tirée sur la ligne d'intensité maximum du point de rencontre de la précédente résultante avec la ligne d'intensité minimum. Il suffit alors de mesurer à l'échelle la valeur de la résistance de chaque tronçon et de compter le nombre de ces derniers.

FORNARO.

(1) Voir *l'Electricien*, 15 juillet et 1er août 1920.

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

Protection des distributions à courant alternatif

sans emploi de conducteurs spéciaux *(Suite)* (1).

Les relais placés à la sortie peuvent fonctionner avant ceux placés à la sous-station; le courant du défaut s'écoule alors dans le feeder sain et il en résulte un déséquilibrage du circuit qui actionne le relais qui isolera le feeder sain. Pour obvier à cet inconvénient, l'interrupteur de chaque feeder est connecté à un contact auxiliaire qui rend inopérant le relais placé sur le feeder opposé. A part le fait qu'un retour de courant peut faire fonctionner le relais correspondant, le feeder sain est laissé sans protection; il faut donc y ajouter des relais de surcharge (voir fig. 5).

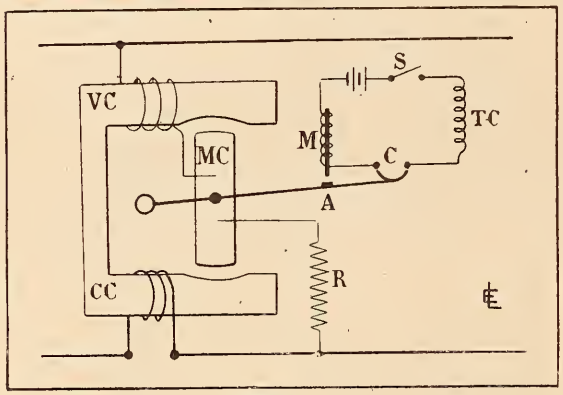


Fig. 5.

On ne doit pas perdre de vue que le courant de pleine charge doit produire le déséquilibrage, et que dès lors il importe que les enroulements du relais puissent supporter ce courant sans échauffement dangereux; on peut, à cet effet, mettre le relais hors circuit à l'aide d'un interrupteur auxiliaire. Un relais séparé de surcharge est placé à la sortie.

Des méthodes variées ont été suggérées pour donner la marge nécessaire aux relais de la figure 4; cette marge devant augmenter en même temps que le courant dans les feeders; la figure 6 représente schématiquement un tel dispositif.

Une paire de relais à retour de courant RR_1, RR_2 est alimentée par les transformateurs CT_1 et CT_2 connectés comme le représente la figure 4. L'action de ces relais est modifiée par une bobine additionnelle BC qui agit proportionnellement au courant passant dans les feeders. Avec un contrôle auxiliaire pouvant donner une marge de 5 à 10 %, on pare à toutes les éventualités pouvant provenir d'un déséquilibrage. Un point capital est que les relais à retour fonctionnent même si le voltage du système descend à une infime fraction du voltage normal. La meilleure solution à adopter

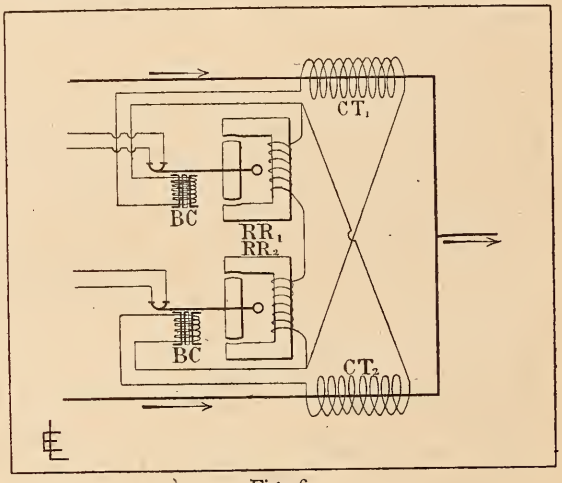


Fig. 6.

consiste à rendre les relais à retour autant que possible indépendants d'une chute de voltage; la figure 5 montre schématiquement un tel relais : c'est un appareil à bobine mobile ayant un circuit fer portant deux enroulements fixes; une bobine ampèremétrique CC et une bobine voltmétrique VC connectées de telle sorte que leurs effets s'ajoutent lorsque le sens du courant est normal et qu'il se retranche dans le cas contraire. La bobine mobile MC est connectée en série avec VC; une résistance non inductive R est disposée entre phase ou connectée au point neutre selon le cas. Les enroulements VC et CC étant en opposition dans les conditions de fonctionnement (retour de courant), le flux dans l'entrefer pour un courant donné augmente rapidement en même temps que la tension diminue, compensant ainsi largement la

(1) Extrait d'un mémoire lu devant « l'Institution of Electrical Engineers », par le major Kenelm Edgcumbe, R. E. (T.), M. I. E. E.

diminution du courant qui s'écoule à travers l'enroulement de la bobine mobile.

Un relais devant fonctionner à 25 % de pleine charge sous des conditions normales de voltage nécessite seulement deux fois le eourant de pleine charge pour agir, même si le voltage du système vient à tomber à 2 % du normal. Un tel résultat place le relais à retour de courant à l'abri des objections qui ont été si souvent formulées; on peut d'ailleurs l'employer avec un courant très intense et de direction normale (20 fois le courant de réglage) à voltage nul.

Dans les interconneeteurs et conducteurs principaux en boucle l'écoulement normal de la puissance transmise peut avoir lieu dans n'importe quelle direction. Dans la figure 7, l'interconnecteur placé entre les sous-stations SS_1 et SS_2 ne peut pas être contrôlé à l'aide de relais de surcharge,

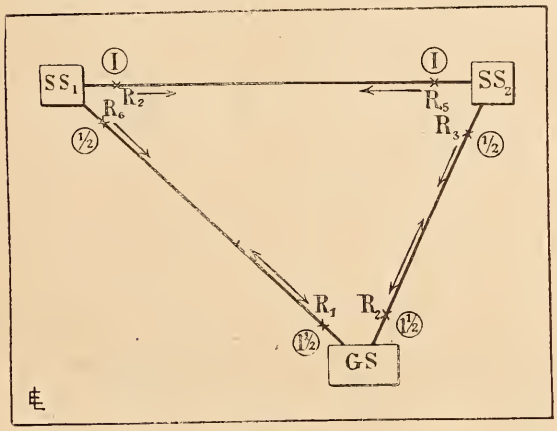


Fig. 7.

puisqu'il peut porter une surcharge due à un défaut se produisant entre la station génératrice et SS_1, par exemple. Des relais à retour ne peuvent pas davantage être employés étant donné que l'écoulement du courant peut avoir lieu dans n'importe quelle direetion sous des conditions tout à fait normales; une solution simple est cependant possible. Si la bouele était ouverte en R' la puissance transportée pourrait, dans toutes les conditions de charge ou de défaut, s'écouler dans le sens des aiguilles d'une montre, et des relais de surcharge munis de retardateurs appropriés installés en R_1, R_2 et R_3 pourraient offrir la protection désirée aussi bien que si les feeders étaient indépendants. Si, d'un autre eôté, la boucle était ouverte en R_1 le sens du eourant pourrait toujours être inverse à celui des aiguilles d'une montre et des relais de surcharge munis de retardateurs appropriés pourraient être installés en R_4, R_5, et R_6. Si maintenant la boucle est complètement fermée, les conclusions suivantes restent vraies, peu importe sur quelle section se produit le défaut :

1° Le courant du défaut s'écoulera toujours vers l'extérieur à travers R_1 et R_4;

2° Pour un écoulement ayant lieu dans le sens des aiguilles d'une montre, les relais R_2 et R_3 agiront;

3° Pour un écoulement ayant lieu dans le sens des aiguilles d'une montre, les relais R_5 et R_6 focntionneront.

Si, dès lors, des relais de surcharge sont installés en R_1 et R_4 avec des relais à retour en R_2, R_3, R_5 et R_6 ils peuvent tous être disposés de sorte qu'ils n'agissent qu'en cas de défaut. Dans la figure 7, le flèches indiquent la direction d'écoulement pour laquelle les relais différents agiraient; les chiffres inscrits dans les cercles indiquent les temps convenables dans l'hypothèse qu'un intervalle minimum d'une 1/2 seconde est nécessaire entre l'action des relais successifs.

Lorsqu'on considère un système plus étendu, comprenant plusieurs sous-stations et deux stations génératrices, on peut considérer que le temps fixé pour les relais est quelquefois trop long et qu'il pourrait être réduit; dans d'autres cas, il pourrait être augmenté si les interrupteurs de circuit étaient à action lente. Pour éviter de laisser pendant un temps très long un fort courant de court-circuit sur le système on peut employer la disposition déjà décrite lorsque le voltage tombe à une valeur prédéterminée (70 % du normal) et dans laquelle les temps fixés sont réduits à une plus petite valeur. Cette disposition peut être utilement appliquée à ces 4 relais. En faisant fonctionner les retardateurs une seconde plus tôt, le maximum de temps possible pendant lequel un court-circuit pourrait durer serait de 1 1/2 seconde.

Les relais à retour pourraient être insensibles à une chute de voltage et fonctionner non seulement pour les surcharges, mais aussi pour les pertes à la terre. La figure 8 montre un tel dispositif. Les relais R_1 et R_2 ont leurs enroulements ampèremétriques et voltmétriques eonnectés respeetivement aux phases 1 et 3 et répondent par conséquent des surcharges ou des eourt-circuits qui peuvent se produire entre n'importe quelle phase. Le relais L R de perte à la terre a son enroulement ampèremétrique placé sur le retour commun des transformateurs de courant et est pourvu de trois enroulements alimentés chacun par des transformateurs de potentiel monophasés T_1, T_2 et T_3 sont les primaires sont montés en étoile et mis à la terre. Si l'isolement des trois condueteurs prineipaux est parfait les transformateurs de potentiel auront des voltages égaux appliqués à leur primaire et le flux résultant dans les enroulements secondaires qui

alimentent le relais de perte à la terre sera nul. Si cependant la phase 3, par exemple, est mise à la terre, le transformateur T_3 aura à ses bornes un voltage réduit, tandis que le voltage aux bornes des transformateurs T_1 et T_2 sera accru ; il en résultera un déséquilibre et le flux résultant dans LR sera en phase avec le voltage existant entre la ligne 3 et la terre. Le courant de fuite sera aussi pratiquement en phase avec ce voltage et fera fonctionner le relais L R. Avec ce dispositif, les relais R_1 et R_2 fonctionneront en cas de perte à la terre et chaque relais agira judicieusement eu égard aux directions du courant. Avec des relais à retour de courant et des relais de perte à la terre

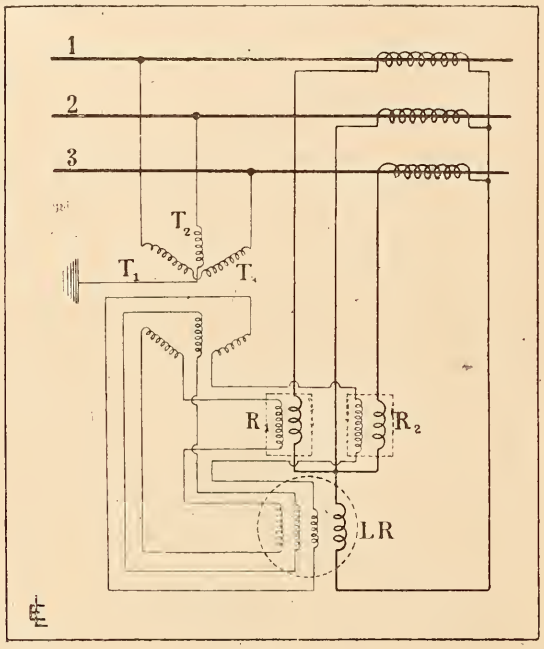


Fig. 8.

placés aux extrémités des feeders de la sous-station, on peut employer aux extrémités de la station génératrice les relais de la figure 2, mais il est souvent préférable pour l'uniformité d'employer les mêmes relais partout. Les connexions de la figure 8 sont également applicables aux extrémités de sortie.

Lorsque les interconnecteurs formant la boucle sont montés en parallèle, on peut employer des relais différentiels (fig. 4) en notant qu'une petite constante de temps (1/2 seconde) est suffisante pour tous les relais. Aux extrémités de la station génératrice, des relais de surcharge peuvent être substitués aux relais différentiels à retour de courant.

(*A suivre*). M. Marre.

Méthode de détermination au voltmètre des résistances d'isolement.

++++

Avec un voltmètre et une lampe à incandescence, la résistance d'isolement des générateurs et des moteurs peut être déterminée de la façon suivante : placer la lampe en série sur la ligne avec un voltmètre dont on note la déviation (fig. 1). La résistance de ce voltmètre doit être connue. Prendre le voltage entre chaque côté de la ligne et le sol pour voir s'il n'y a pas de pertes. S'il n'y en a pas, relier le côté où se trouve la lampe au bâti de la machine et relier le voltmètre qui se trouve de l'autre côté de la ligne de façon à réaliser les conditions indiquées en B.

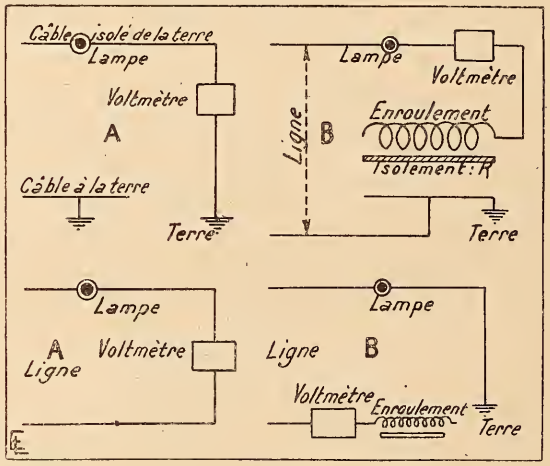


Fig. 2.

La résistance d'isolement, par rapport au sol, peut être obtenue par le calcul au moyen de la formule suivante :

$$R = R_1 \frac{V}{V_1} - 1$$

où R_1 est la résistance du voltmètre, V la déviation du voltmètre en A, V_1 la déviation du voltmètre en B.

Quand on ne peut utiliser une énergie extérieure, l'isolement peut être déterminé en faisant fonctionner la machine à un voltage réduit. Puis, employant le même voltmètre pour chaque lecture, prendre le voltage entre les câbles de distribution, puis entre chaque câble et le bâti. Ajouter les deux lectures du bâti ensemble et prendre leur somme pour V_1 dans la formule. Pour V prendre le voltage de la machine pendant l'essai.

L'isolement ne doit pas être inférieur à 500.000 ohms pour une machine à courant continu de dimensions ordinaires. Pour les transformateurs à

haut voltage, il doit être de plusieurs millions d'ohms.

Les deux groupes de diagrammes montrent les connexions quand il y a une perte à la terre et quand il n'y en a pas.

M. G.

(D'après *Electrical World*).

INSTALLATION HYDRO-ÉLECTRIQUE de Shawinigan Falls.

La ville de Shawinigan Falls, qui tire son nom des fameuses chutes voisines, va devenir un des centres industriels les plus importants du Canada. Elle doit son origine et son développement aux industries hydro-électriques qui se sont créées par suite du voisinage des chutes Shawinigan. Celles-ci se trouvent sur la rivière Saint-Maurice à environ 32 kilomètres au nord de son embouchure et à égale distance de Montréal et de Québec. La puissance totale estimée est d'environ de 1.100.000 chevaux dont seulement 320.000, c'est-à dire moins d'un tiers, sont utilisés. L'énergie disponible y est meilleur marché que partout ailleurs, même qu'en Norvège. La ville a en outre le gros avantage d'être bien placée pour l'exportation.

130.000 chevaux environ sont actuellement utilisés pour des industries chimiques et électro-chimiques dont les principales sont :

a) La *Northern Aluminium Company*, qui produit 60 tonnes d'aluminium par jour au moyen de bauxite extraite de la Louisiane.

b) La *Belgo Canadian Pulp and Paper Company*, avec une production de 100 tonnes de pulpe chimique et 90 tonnes de papier par jour.

c) La *Canada Carbide Company*, qui produit 200 tonnes de carbure de calcium par jour.

d) La *Shawinigan Electro Metals Company*, qui produit du magnésium et ses alliages.

e) La *Canadian Carborundum Company*, dont les principaux produits sont le corborundum, l'aloxite et le ferro-silicium.

f) La *Canadian Ferro-Alloys Company*.

g) La *Canadian Electrode Company*.

h) La *Canadian Products Company*, qui produit de l'acide acétique et de l'acétone extraits de l'acétylène, ce dernier étant obtenu à l'aide du carbure de calcium que l'on trouve à bon marché dans le pays.

M. G.

UNE ECOLE SUPERIEURE de perfectionnement industriel.

On a enfin reconnu en France l'importance des méthodes scientifiques dans l'industrie, et l'exemple des Allemands n'a pas peu contribué à cet heureux résultat.

C'est ainsi que les grands établissements industriels possèdent déjà, ou posséderont bientôt, des laboratoires où des ingénieurs spécialistes effectueront des recherches en vue des perfectionnements des fabrications.

Mais actuellement comment les jeunes ingénieurs peuvent-ils développer chez eux le sens de l'observation personnelle et méthodique ? Jusqu'ici ils ont dû, à ce point de vue, se former eux-mêmes, par leur seule expérience, ce qui est assurément un grand mérite, mais souvent aux dépens des résultats matériels immédiats.

Or, il est certain qu'ils atteindraient plus rapidement un rendement supérieur, si l'on guidait le développement de leurs dispositions naturelles à l'effort scientifique personnel.

C'est le but que se propose l'Ecole supérieure de perfectionnement industriel récemment créée à Paris. Elle a son siège central, 92, rue de Clignancourt ; et, grâce à des accords avec les directeurs des divers établissements industriels et scientifiques actuellement existants, elle utilisera les ressources intellectuelles et matérielles de tous les laboratoires où se peuvent faire des recherches scientifiques utilisables pour le progrès industriel.

Elle est placée sous le patronage d'un comité composé de personnages éminents, dont nous ne ferons pas l'énumération. Qu'il nous suffise de dire que la direction scientifique de l'E. S. P. I. est confiée à un comité, qui comprend des savants, tels que MM. Charpy, Koenigs, Lecornu. Cette commission prononcera l'admission, sur titres et références et non après examen, des candidats qui se destineront aux recherches dans les diverses branches de l'industrie : les élus seront d'ailleurs peu nombreux.

L'enseignement dont il s'agit, indispensable aux futurs ingénieurs des laboratoires d'usines, intéresse également tous ceux qui veulent apporter, dans l'organisation et la direction des fabrications, l'habitude de l'observation méthodique aujourd'hui nécessaire à l'industrie française.

Transmissions photographiques par T.S.F.

Deux journaux anglais, le *Daily Mail* et le *Daily Mirror*, viennent d'inaugurer un service de transmission de photographies par T. S. F. On sait qu'il y a déjà une dizaine d'années qu'un pareil résultat avait été obtenu par la télégraphie avec fil

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

SYSTÈME PERFECTIONNÉ DE LOCOMOTIVE A ACCUMULATEURS

Cette locomotive à accumulateurs est destinée au halage dans les mines. La capacité des accumulateurs est telle qu'ils peuvent travailler une journée complète sans être rechargés. Le châssis, très bas, porte des logements *b* et *b*. pour les accumulateurs (fig. 1).

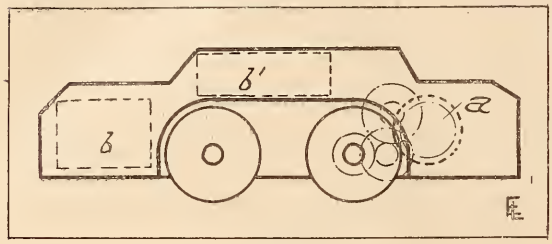


Fig. 1.

Le moteur *a* est situé entre les roues dans la partie avant, Le mécanicien se place du côté *b* ou *a*. (Br. Fr. 502.246.)

PRISE DE COURANT INDÉCROCHABLE

Cette prise de courant (fig. 2) est formée de deux fiches métalliques *e*, à extrémité *a* en forme de fil recourbé. Elles portent en outre une rondelle *d*, et sont percées d'un trou en *b*.

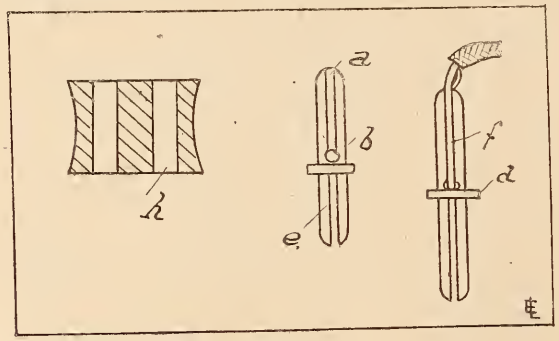


Fig. 2.

Pour raccorder un fil souple, par exemple, on dénudera ce dernier et on l'enfilera dans l'œilleton *b*; une bouche *f* est ainsi formée.

Après cette opération, la fiche peut être introduite dans l'alvéole *h*, jusqu'à la rondelle.

Le montage est ainsi facilité et la prise de courant ne cède pas à la traction. (Br. Fr. 499.282.)

PERFECTIONNEMENTS AUX SYSTÈMES DE SIGNALISATION

Ce perfectionnement correspond à la commande de l'amplitude du courant fourni par une source à haute fréquence à une antenne d'émission.

Comme on ne peut obtenir cette commande par variation de résistances, si les réactances en circuit ont une valeur élevée par rapport aux résistances, on emploie un dispositif à résistance variable, en série avec le circuit qui fournit l'énergie au circuit oscillant fermé.

Le cas est appliqué dans la figure 3 à un pliotron *l'* producteur d'oscillations à haute fréquence, relié à l'antenne par l'intermédiaire de circuits réglés.

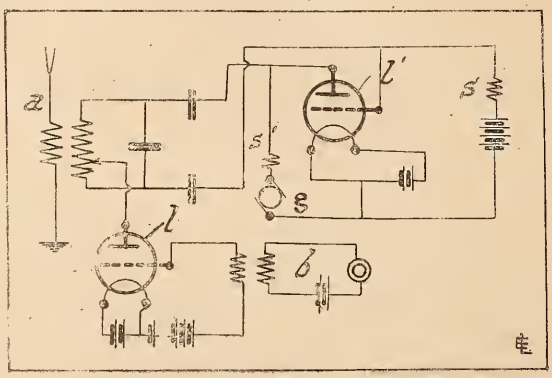


Fig. 3.

Pour moduler les courants à H. F., on agit sur la grille du pliotron *l*, en modifiant son potentiel par l'intermédiaire du système *b*. (Br. Fr. 499.211.)

DISPOSITIF DE DÉCHARGE D'ÉLECTRONS

Le dispositif comporte, en principe (fig. 4), une enveloppe vide d'air comprenant une cathode incandescente *c* génératrice d'électrons, une anode en forme de grille *s* entourant la cathode et une troisième électrode *b* entourant cathode et anode et produisant des électrons secondaires sous l'action d'un certain potentiel.

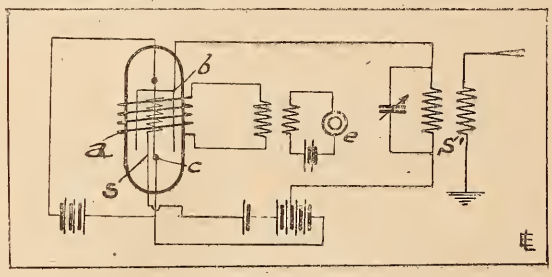


Fig. 4.

Enfin un champ magnétique *a* entoure le système et agit sur le courant d'électrons.

Il y a émission d'électrons du filament *f* vers *b*; si le potentiel de *b* est assez élevé il se produit un choc et il y aura émission d'électrons secondaires qui iront vers l'anode la plus positive.

On peut ainsi équilibrer ou dépasser dans un sens ou l'autre le nombre d'électrons émis, ce qui permettra de réaliser le fonctionnement en résistance négative. La figure représente une application à la téléphonie sans fil. Le microphone *e* commande, par l'intermédiaire du champ magnétique, le flux produit par les spires *a* d'électrons.

On pourrait de même obtenir le fonctionnement en amplificateurs, et en résistance négative. (Br. Fr. 499.275).

P. M.

L'ECOLE DE L'ELECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des MENTIONS seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

ÉLECTROMAGNÉTISME

ÉTUDE DE L'INDUCTION (*Suite*)

SOMMAIRE : *Règle de Faraday. — Quantité d'électricité induite. — Self-induction. — Coefficient de self-induction. — Coefficient de self-induction d'une bobine. — Circuits dépourvus de self-induction. — Applications. — Problèmes proposés aux lecteurs, 11e série.*

§ 52. RÈGLE DE FARADAY (*suite*).

En réalité, ce quotient a une valeur bien déterminée dans ces conditions, comme on le démontre en mathématiques. Il représente à l'instant considéré la valeur réelle de la force électromotrice induite dans le cadre.

Appelons Φ la variation de flux $\Phi_1 - \Phi_2$ pendant le temps T considéré d'après ce qui précède et la règle de Faraday, la force électromotrice induite E a pour expression :

$$E = \pm \frac{\Phi}{T}$$

Le double signe $\pm$ provient de ce que si le flux Φ_2 est plus grand que le flux Φ_1, en d'autres termes si le flux croît, Φ sera négatif et la force électromotrice E produira un courant affaiblissant le flux inducteur. Si Φ_2 a une valeur inférieure à Φ_1, la force électromotrice induite produira alors un courant, c'est-à-dire un flux positif, tendant à renforcer le flux inducteur.

Cette force électromotrice induite est exprimée en unités C. G. S. ; pour l'obtenir en volts, il faudra donc diviser le résultat par 108 (voir le tableau des unités).

La formule générale de la force électromotrice induite sera donc, dans le cas d'un cadre formé d'une spire, de :

$$E = \frac{\Phi}{T \times 10^8} \text{ volts.}$$

en valeur absolue.

Pour les lecteurs que l'expression analytique de la force électromotrice d'induction intéresse, rappelons que si l'on considère un circuit de résistance totale r, alimenté par un générateur de force électromotrice e, le courant étant i_1, tel que :

$$i_1 = \frac{e}{r}$$

si le circuit est libre de se déplacer de lui-même, il le fera pendant un temps dt, produisant alors un travail dT.

Or, ce travail sera emprunté à la source alimentant le circuit et, en considérant que nous supposons e et r constants, cela nécessitera, pour le courant, une nouvelle valeur ; soit i cette nouvelle valeur, on aura :

$$eidt = ri^2dt + dT$$

Or, d'après la règle de Faraday (travail produit par un conducteur se déplaçant dans un champ, pour une variation $d\Phi$ du flux), on aura :

$$dT = id\,\Phi,$$

c'est-à-dire

$$eidt = ri^2\,dt \times id\,\Phi$$

d'où la valeur du courant,

$$i = \frac{e\dfrac{d\Phi}{dt}}{r}$$

Mais le numérateur étant homogène, le terme $\dfrac{d\Phi}{dt}$ représente nécessairement une force électromotrice et l'on voit qu'elle tend à diminuer l'intensité du courant.

D'une façon générale, l'expression de la force électromotrice d'induction est donc :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Si l'on supprime la source à laquelle le circuit est relié et qu'on fasse mouvoir le mobile dans les mêmes conditions de parcours et de temps, on a $e = o$ et

$$i = -\frac{\frac{d\Phi}{dt}}{r}$$

Cette expression montre également que le circuit est encore le siège d'une force électromotrice induite de même valeur que précédemment et de même signe.

Quant à la quantité d'électricité q dûe au courant i pendant un temps t, elle sera, si le flux varie de 0 à Φ, l'intensité du courant induit étant, à un instant quelconque

$$i = -\frac{\frac{d\Phi}{dt}}{r}$$

$$q = \int_0^t i dt$$

c'est-à-dire

$$q = \int_0^{\Phi} -\frac{d\Phi}{r} = -\frac{\Phi}{r}$$

Si le flux varie, inversement, de Φ à 0, c'est-à-dire redevient nul, on a :

$$q = \int_{\Phi}^{0} -\frac{d\Phi}{r} = \frac{\Phi}{r}$$

§ 53. QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ INDUITE

Si R est la résistance du circuit induit, l'intensité du courant dans ce circuit sera :

$$I = \frac{E}{R},$$

c'est-à-dire, puisque

$$E = \frac{\Phi}{T},$$

$$I = \frac{\Phi}{T \times 10^8} \times \frac{1}{R} \text{ ampères.}$$

Si l'on veut obtenir la quantité d'électricité en coulombs au bout du temps T, on a :

$$Q = I \times T = \left(\frac{\Phi}{10^8} \times \frac{1}{R}\right) \text{ coulombs.}$$

§ 54. SELF-INDUCTION.

Nous avons vu que si un conducteur fermé est soumis à un flux inducteur Φ et prend une valeur plus grande Φ_1 ce conducteur est le siège d'un courant induit produisant un flux qui s'oppose à l'augmentation du flux inducteur.

Si le flux reprend sa valeur Φ en passant de Φ_1 à Φ, c'est-à-dire diminue de valeur, le flux induit tendra à renforcer le flux inducteur.

Si le flux était passé de la valeur Φ à zéro et de zéro à Φ, il y aurait eu également production d'un courant induit dans le conducteur fermé dû à la variation de ce flux.

Dans le premier cas, on voit que le courant induit a pour effet de retarder l'établissement du courant inducteur, il y a donc existence d'une certaine inertie à l'établissement du courant inducteur.

Supposons une bobine B formée d'un certain nombre de spires enroulées sur un noyau en *bois*, cette bobine étant alimentée par une batterie de piles P, un interrupteur I permet de fermer ou d'ouvrir le circuit (fig. 47).

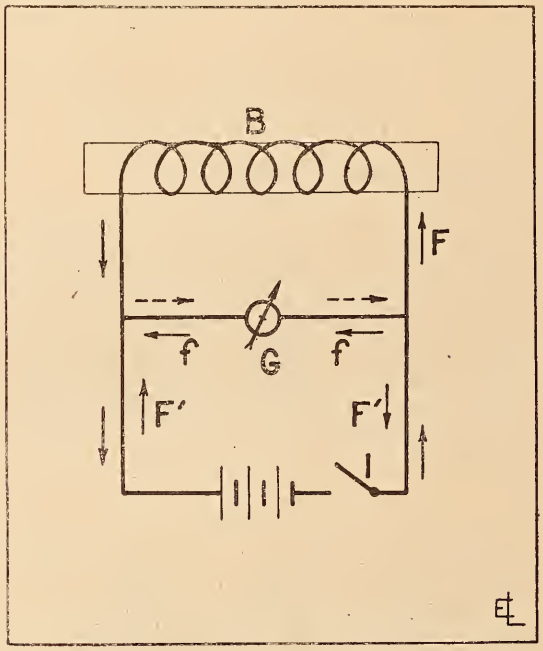


Fig. 71.

On voit qu'une partie du courant fourni par la batterie sera dérivée dans le galvanomètre, qui est choisi pour ne laisser passer qu'un faible courant (flèche *f, f*), la plus grande partie circulant dans la bobine B, suivant la flèche F.

Fermons l'interrupteur I, le galvanomètre G déviera dans un certain sens, vers la *droite* par exemple, mais s'écartera faiblement de sa position primitive, que nous supposerons être le zéro de sa graduation, si sa résistance est suffisamment grande vis-à-vis de la tension aux bornes de la batterie de piles.

L'arrêt de l'aiguille étant obtenu, celle-ci ne reviendra pas au zéro, puisque l'interrupteur I étant fermé, il est traversé par un faible courant

provenant de la batterie. Ouvrons donc maintenant l'interrupteur I en observant le galvanomètre, nous verrons l'aiguille dévier brusquement vers la *gauche*, c'est-à-dire en sens inverse du précédent, et s'écarter beaucoup de sa position du repos, c'est-à-dire beaucoup plus du zéro que précédemment; l'aiguille, l'interrupteur restant ouvert, reviendra au zéro.

Cette déviation vers la gauche prouve : 1° l'existence, à l'ouverture de l'interrupteur I, d'un courant dans le circuit de la bobine et du galvanomètre, indépendant de celui de la pile, puisque la batterie est hors circuit au moment de l'ouverture de l'interrupteur; 2° que ce courant, dont le sens est indiqué par la flèche en pointillé et qui est de sens inverse à celui de la batterie en traversant le galvanomètre, a même sens que le courant de la batterie traversant la bobine, comme l'indique la flèche F.

On a appelé ce courant, qui est direct, un *extra-courant d'ouverture ou de rupture.*

Dans le premier cas de la déviation à droite, on constate qu'au moment de la fermeture de l'interrupteur I la déviation de l'aiguille est moins grande qu'avec le seul courant de la batterie après fermeture de l'interrupteur, et surtout que cette déviation a lieu beaucoup plus lentement. Ceci prouve encore que, au moment de la fermeture du circuit, il se produit un courant, dans le circuit bobine et galvanomètre, indépendant de celui de la pile, mais ce courant est de sens inverse au précédent, comme l'indique le sens de la déviation du galvanomètre, il a donc le sens des flèches en pointillé dans ce dernier, c'est-à-dire le sens des flèches F′ dans le circuit de la batterie; il est donc inverse de celui de cette batterie.

On a appelé ce courant *extra-courant de fermeture.*

Nous venons de constater que, au moment de la fermeture du circuit batterie-bobine, il y a dans la bobine production d'un courant inverse à celui de la batterie, lequel s'oppose donc à l'établissement du courant de la batterie dans ce circuit. Au moment de l'ouverture de ce circuit, il y a, au contraire, production dans ce circuit d'un courant de *même sens* que celui de la batterie, lequel tend à renforcer le couraut de cette dernière.

Aussi tout cela n'est qu'une nouvelle traduction, dans un seul et même circuit, de la loi de Lenz, que nous avons étudiée pour le cas de deux circuits indépendants en présence; cette loi demeure donc vraie dans tous les cas. On peut d'ailleurs se servir de cette loi et de celle du tire-bouchon pour déterminer les sens des courants d'ouverture et de fermeture dans la bobine.

Les phènomènes d'induction qui se passent dans le circuit unique constitué par la bobine que nous venons de considérer a pris le nom de auto-induction ou *self-induction*, parce que ce circuit unique s'induit lui-même, puisqu'il crée lui-même les variations du champ inducteur et en subit les effets au moment de l'ouverture et de la fermeture de l'interrupteur.

On observe aussi, au moment de l'ouverture et de la fermeture de l'interrupteur, la production, à ce dernier, d'une étincelle beaucoup plus forte, surtout à l'ouverture, que sans la présence de la bobine B. Cette étincelle a été appelée étincelle de *fermeture* ou *étincelle d'ouverture ou de rupture*, suivant le cas.

Si l'on remplace le noyau de bois, qui est l'équivalent d'un noyau d'air, par un noyau de fer doux, on constate que les déviations de l'aiguille sont beaucoup plus grandes, en même temps que les étincelles d'ouverture et de fermeture augmentent d'intensité.

Si le noyau est circulaire, en forme d'anneau, on constate que ces phénomènes sont encore accrus.

En résumé, la self-induction agit dans un circuit comme un effet d'inertie s'opposant constamment à la variation du champ ou du courant inducteur alimentant le circuit.

La force électromotrice provenant de l'effet de self-induction est appelée *force électro-motrice de self induction*; elle donne naissance au courant que nous avons constaté.

§ 55. COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION

Si l'on considère une bobine formée d'une seule spire avec un noyau d'air, et parcourue par un courant I, il y aura production d'un flux Φ dans cette spire, lequel sera constant, si le courant I est lui-même constant.

Ce flux dépend uniquement du courant circulant dans la spire; si donc le courant varie, il en sera de même du flux Φ qui reste à chaque instant proportionnel à l'intensité du courant I.

Ce flux peut donc être représenté par la formule

$$\Phi = L\,I;$$

où la lettre L est un nombre constant et a été appelée coefficient de self-induction.

Ce coefficient dépend du milieu dans lequel est placée la bobine. Si cette bobine comporte un noyau d'air, le coefficient L reste constant, quelle que soit la valeur du courant I.

Si elle comporte un noyau en métal magnétique, comme le fer, ce coefficient n'est plus constant, il varie avec la perméabilité du noyau, laquelle, comme nous le savons, varie elle-même avec chaque degré d'aimantation.

Le coefficient de self-induction variera donc alors avec l'intensité du courant, mais non proportionnellement, mais il variera proportionnellement à la perméabilité du noyau de fer.

Comme le montre la table des caractéristiques du fer § 38, la variation de la perméabilité de ce dernier étant faible pour de faibles valeurs de l'induction, on peut considérer, pratiquement, la perméabilité comme constante pour ces faibles valeurs, c'est-à-dire jusque vers le coude de la courbe OCF, fig. 57, de N_1 en N_2. Pour ces valeurs, le coefficient L pourra alors être considéré comme pratiquement constant.

§ 56. COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION D'UNE BOBINE.

Supposons une bobine de section intérieure S, de longueur l, comportant N spires et parcourue par un courant I unités C. G. S., le champ produit par cette bobine est :

$$H = \frac{4 \pi N I}{l} \text{ gauss}$$

Le flux à l'intérieur de la bobine sera alors exprimé par :

$$\Phi = HS = \frac{4 \pi NIS}{l}$$

Mais le coefficient de self-induction a pour valeur, d'après la formule $\Phi = LI$,

$$L = \frac{\Phi}{I},$$

en appelant ici L' ce coefficient on a alors:

$$L' = \frac{4 \pi NS}{l}.$$

Ce coefficient est relatif à une spire de la bobine sur laquelle agit le flux total Φ, il sera donc pour les spires de la bobine, en l'appelant L,

$$L = \frac{4 n N^2 S}{l} \text{ unités C. G. S.}$$

Ce coefficient étant souvent évalué en henrys voir le tableau des unités), on aura

$$L = \frac{4 \pi N^2 S}{l \times 10^9} \text{ henrys.}$$

Comme l'indiquent les formules ci-dessus, le coefficient de self-induction d'une bobine, et, en général, d'un circuit dans lequel il y a phénomène de self-induction, est proportionnel ou carré du nombre de spires.

§ 57. CIRCUITS DÉPOURVUS DE SELF-INDUCTION.

Un conducteur ou un circuit étant parcouru par un courant continu dont l'intensité ne varie pas, ce circuit n'est pas le siège des phénomènes de self-induction, comme nous venons de le voir, li peut donc avoir une forme quelconque.

S'il s'agit de circuits parcourus par un courant continu, mais soumis à de fréquents interruptions de courant, l'existence de la self dans ces circuits peut être une cause de gêne ou même être préjudiciable au bon fonctionnement de certains appareils, dont l'effet utile se trouve diminué, c'est ce qui arrive dans les lignes télégraphiques ou téléphoniques, dans certains appareils de mesures, etc. Dans de pareils cas, il est donc indispensable d'annuler l'effet de la self-induction.

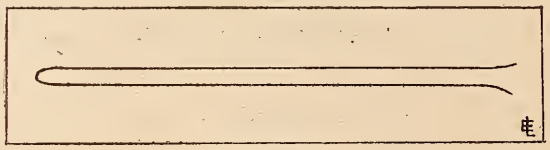


Fig. 72.

Un conducteur tendu dans l'air développe un faible champ magnétique, par ce que l'intensité du courant y est généralement faible, la self-induction est donc peu importante.

Si ce conducteur est enroulé sur une bobine en un grand nombre de spires, il n'en sera pas de même ainsi que nous l'avons vu.

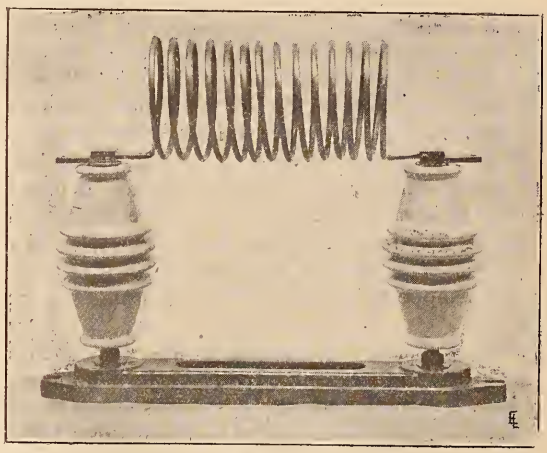


Fig. 73. — Bobine de self sans noyau (ateliers de Delle)

Or, si l'on replie ce conducteur, formé par un fil isolé, de la façon indiquée sur la figure 72 et qu'on l'enroule sur une bobine, le courant, après avoir traversé une première moitié du fil ainsi enroulé dans un sens, parcourra l'autre en sens inverse.

Le flux développé dans la première moitié du fils se trouve donc annulépar le flux développé dans la deuxième moitié de ce fil, puisque les courants dans ces deux moitiés sont toujours égaux et respectivement de même sens. L'effet magnétique

en résultant sera donc nul et le dispositif sera ainsi dépourvu de self-induction.

Deux fils droits ou torsadés, comme c'est le cas des fils souples pour lumière, sont pratiquement dépourvus de self-induction lorsqu'ils sont parcourus par des courants opposés et égaux.

§ 58. APPLICATIONS DES BOBINES DE SELF-INDUCTION.

Les effets de la self-induction sont très utilisés en pratique dans une foule d'applications.

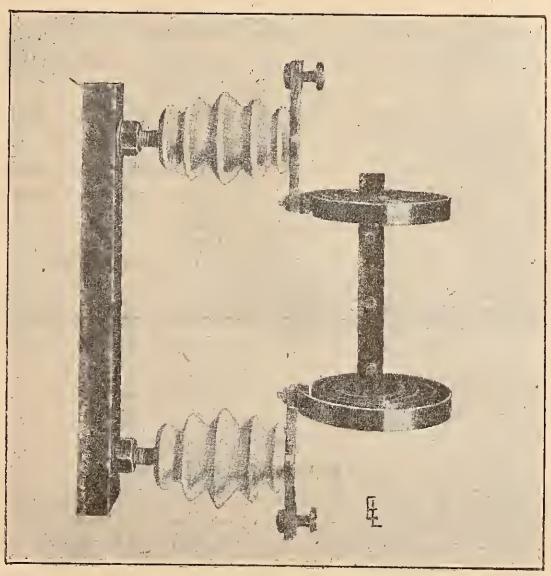


Fig. 74. — Bobine de self avec noyau (Maljournal et Bourron.)

L'étincelle d'extra-courant que nous avons mentionnée au paragraphe 54 est utilisée dans des applications courantes pour l'allumage de certains appareils d'éclairage (essence, gaz), pour l'allumage de certains moteurs à explosions et à combustion, et,

Le champ le plus vaste des applications de la self-induction est en courants alternatifs, où son emploi est souvent économique.

La bobine de self dans l'éclairage par lampe à arc remplace avantageusement la résistance de réglage employée en courant continu. Dans le démarrage de certains moteurs à courants alternatifs son rôle est important, ainsi que dans le réglage de certains appareils, etc.

L'emploi de la self-induction dans la protection des réseaux à haute tension contre les perturbations d'origine extérieure ou intérieure à ces réseaux est très efficace. On emploie, selon le cas, des bobines sans noyau constituées par quelques spires de gros fil (fig. 73). Lorsque l'effet de la bobine doit être renforcé on la munit d'un noyau de fer (fig. 74).

Nous reviendrons en détail sur cette question des bobines de self-induction à propos des courants alternatifs.

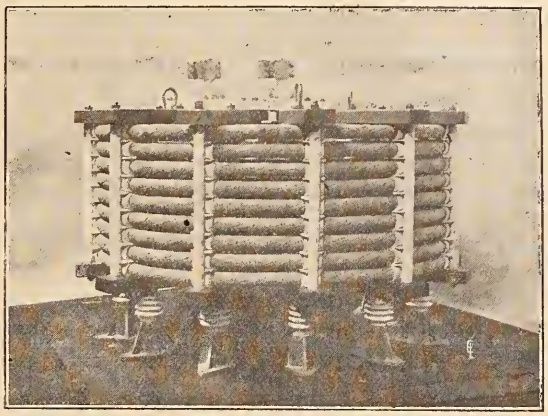


Fig. 75. — Bobine de self pour la protection d'un alternateur (Soc. als. de constr. méc.)

APPLICATIONS

Exercice 1. — *La variation de flux dans un cadre formé d'une spire est de* 1.546.000 *unités par seconde. On demande d'exprimer en volts la force électromotrice d'induction produite dans cette spire dans ces conditions.*

Solution.

La force électromotrice induite dans une spire est donnée par la formule

$$E = \frac{\Phi}{T \times 10^8},$$

qui l'exprime en volts.

La variation de flux est ici de 1.546.000 unités par seconde, la force électromotrice induite dans la spire dans ces conditions est donc de

$$E = \frac{1.546.000}{10^8} = 0 \text{ volt}, 01546$$

Exercice 2. — *Si l'on suppose que la spire du problème ci-dessus a une résistance de* 0,01 *ohm, quelle sera la quantité d'électricité produite dans la spire pendant le temps considéré de* 1 *seconde ?*

Solution.

D'après la relation :

$$Q = IT = \frac{\Phi}{10^8} \times \frac{1}{R} \text{ coulombs},$$

il est facile de calculer la quantité d'électricité

produite dans la spire au bout de 1 seconde, ce sera :

$$Q = \frac{1.546.000}{10^8 \times 0,01},$$

c'est-à-dire

$$Q = \frac{1.546.000}{10^6} = 1 \text{ coulomb}, 546$$

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS

11e Série.

Problème 42. — Un fil tendu, de $0^m,50$ de long, se déplace en restant perpendiculaire à la direction des lignes de force d'un champ magnétique de 0,25 gauss.

Le fil ayant subi un déplacement de $3^m,60$ au bout de 0,3 seconde, on demande de calculer la valeur de la force électromotrice induite dans ce fil par son déplacement dans le champ magnétique considéré.

Problème 43. — Si dans le problème précédent on suppose que le fil a 2 millimètres de diamètre et est en cuivre de 0 ohm 016 de résistivité, quelle sera la quantité d'électricité induite dans ce fil?

Problème 44. — Une bobine est enroulée de fil à raison de 4 spires par unité de longueur. On demande de calculer le coefficient de self-induction de cette bobine si sa section intérieure est de 500 millimètres carrés et sa longueur de 300 millimètres.

Problème 45. — Quel nombre de spires faudrait-il ajouter à la bobine précédente si l'on voulait obtenir un coefficient de self quatre fois plus fort?

Problème 46. — Une bobine de self-induction contient un nombre de spires tel que le champ produit, lorsqu'elle est parcourue par un courant de 35 ampères, est de 245 gauss et que le flux et l'induction ont alors même valeur.

La bobine étant munie d'un noyau de 100 millimètres de longueur et le fer employé ayant une perméabilité de 70 pour l'induction correspondante, on demande de calculer la valeur du coefficient de self-induction de cette bobine.

R. Sivoine.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 124. — J'ai un transformateur triphasé à bain d'huile 37 kva. travaillant continuellement. Je vous serais très obligé de me faire savoir si l'on peut sans inconvénient laisser l'huile indéfiniment ou bien tous les combien de temps il faut la renouveler.

Mon usine produit 40 Hp avec tension primaire 3.000 volts, tension secondaire 120 v. fréquence 50 périodes.

N° 125. — Je serais très heureux de voir traiter, dans l'Électricien les questions suivantes :

1° Couplage en parallèle des transformateurs triphasés neutre sorti, essais préliminaires avant le couplage.

2° Couplage en parallèle des alternateurs basse tension en employant le synchronoscope de la Compagnie des Compteurs, peut-on coupler à l'arrêt de l'aiguille du synchronoscope, dans une position autre que celle de l'axe vertical, (essais des connexions avant le couplage).

3° Couplage en parallèle des alternateurs haute tension, connexions des transformateurs de potentiel et d'intensité.

P. à Lille.

N° 126. — Pourriez-vous m'indiquer un numéro de revue de préférence (ou un livre avec son prix net), ayant traité du calcul d'un poteau en ciment armé pour ligne haute tension 22.000 volts, 3 fils 6 m/m, — 2 fils téléphone 3 m/m, portée 70 m, hauteur totale au-dessus du sol, 12 mètres.

N° 127. — Je désirerais avoir la marche à suivre pour le calcul d'un rhéostat de réglage devant toujours rester en circuit, avec une forte intensité, par exemple 60 ampères et une résistance de 3 à 13 plots. Je voudrais en faire le calcul d'une façon très précise mais ne trouve pas de renseignements suffisants sur le calcul du refroidissement.

RÉPONSES

N° 106 R. — II. Vous trouverez des notes sur les questions vous intéressant dans *La Technique Moderne :*

1913. I., p. 199. Electrolyse du chlorure de sodium en Autriche.

1912. I. p. 393. Traitement électrolytique des eaux d'égoût.

1012. p. 421. Nouveaux procédés dans l'électrolyse des sels alcalins.

L'*Electricien* :

1912. S. p. 57. Fabrication industrielle de l'azote.

1912. II., p. 292. Exposé des plus intéressantes fabrications et analyses électrochimiques.

1913. II. p. 81. Traitement électrique des alcools, vins...

1914. I. p. 145. Electrolyseurs Oerlikon pour hydrogène et oxygène. F.

N° 123 R. — Nous avons généralement en magasin, ou livrables rapidement, tous les fils jusqu'au diamètre de 3m/m inclus. Toutefois, nous avons en magasin environ 1 k. 300 du fil de 46/10 dont le prix est de Frs 74,25 le kg net. Ateliers P. Plancher, 115, rue Saint-Maur, Paris.

N° 124 R. — L'huile des transformateurs se modifie à la longue par oxydations et transformations chimiques. Cette modification se reconnaît au changement de teinte et à la formation de dépôts. Elle devient dangereuse lorsqu'il en résulte un échauffement anormal du transformateur, facile à constater. Il est alors nécessaire de changer l'huile, après avoir nettoyé le dépôt.

Le Gérant : L. De Soye.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, V°.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1259. 1er Septembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.

Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien ;

Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L. ;

Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;

Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat ;

Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens ;

L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique ;

Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways ;

MM.

Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers ;

Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat ;

Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin ;

Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique ;

Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien ;

Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans ;

Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

LE LABORATOIRE D'ÉLECTRICITÉ

de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Les installations de laboratoire diffèrent essentiellement des installations industrielles, en ce sens que les machines y sont adaptées, par des montages spéciaux, aux essais et usages les plus divers. La description ci-après donne, avec schémas complets, des exemples de montages très intéressants, en même temps qu'un aperçu d'installations d'études qu'il serait désirable de voir développer dans nos établissements techniques.

L'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, qui a déjà plus de soixante ans d'existence, s'est toujours distinguée des écoles techniques de l'Europe centrale par un programme consacrant ce que l'on est convenu d'appeler le principe de la généralisation des Etudes. Digne émule de l'Ecole Centrale de Paris dont elle reçut les inspirations par l'organe de ses fondateurs et premiers professeurs, et bien qu'organisée dès le début, en sections des constructeurs et des mécaniciens auxquelles vinrent s'ajouter celles des électriciens et des chimistes, elle chercha constamment à maintenir ses traditions d'école non spécialisée. Mais ce principe se montra de plus en plus difficile à concilier avec les besoins de certains enseignements, et comme d'autre part l'ingénieur ne doit pas être seulement capable de calculer, de projeter et de construire, mais aussi de mesurer, l'Ecole de Lausanne fut amenée ainsi que toutes les écoles techniques, à édifier un laboratoire d'électricité à l'usage de ses élèves-ingénieurs. Grâce à l'obligeance de son directeur, M. Landry, nous donnerons tous les détails de l'installation et des différents montages de machines.

Situé à côté du bâtiment de chimie et de physique de l'Université, il comprend un sous-sol avec salle de chauffage, salle d'accumulateurs et magasins, un rez-de-chaussée avec salle des machines, petit atelier et cabine de transformation, enfin un étage avec deux salles de mesure, salle de l'assistant, chambre noire, bureau du directeur et bibliothèque. Les salles de l'étage dans lesquelles se trouvent les collections d'instruments, sont utilisées pour les travaux de présision ou d'électrométrie auxquels les

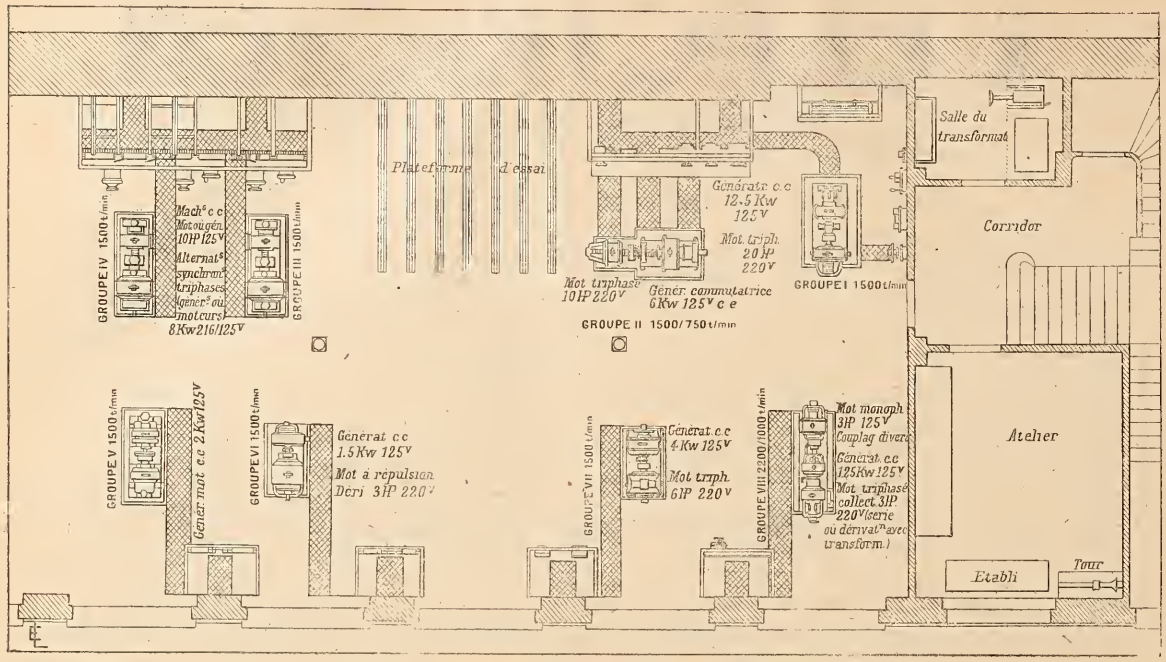


Fig. 1. — Salle des machines. Rez-de-chaussée.

étudiants s'adonnent pendant le premier semestre : mesures de résistances ohmiques et électrolytiques, de f. e. m., d'intensités et de quantités d'électricité, des capacités, de coeff. d'induction, mesures magnétiques et photométriques, etc.

Le rez-de- chaussée est occupé par la salle des machines où les étudiants travaillent pendant les deux derniers semestres de leurs études. Les tableaux de couplage des groupes de machines portent les appareils de manœuvre de protection et de mesure. Enfin, tous les circuits des machines d'une part et tous les conducteurs allant des machines aux tableaux d'autre part, aboutissent à des bornes doubles fixées sur les bâtis ; ainsi toutes les combinaisons de circuits auxquelles les machines se prêtent si facilement, peuvent être réalisées. Cette disposition a l'avantage de permettre aux étudiants de faire rapidement les montages. Sources de courant : L'énergie est fournie par le réseau triphasé de Lausanne qui a fourni gratuitement la station de transformation. Un transformateur triphasé de 50 kilovolts amp. (en triangle), est alimenté à 3.000 volts, le secondaire (en étoile) fournit du 216/125 volts ; d'autre part, le réseau urbain à basse tension aboutit dans la cabine et forme réserve. Ce poste alimente les deux groupes transformateurs dont l'un charge les deux batteries d'accus et l'autre, plus puissant assure isolément ou en parallèle avec les accus, le service des groupes d'essais (fig. 1 et 2) parmi lesquels se trouvent deux groupes synchrones dont les alternateurs entraînés par moteurs à courant continu, peuvent donner des courants alternatifs simples ou triphasés de 15 à 70 périodes par seconde.

Courants alternatifs du réseau de la ville ou des alternateurs, courants continus des accus ou des génératrices I et II sont distribués soit dans la salle des machines, soit dans la salle de mesure, par un réseau en tête duquel se trouve un tableau de distribution à fiches comprenant deux séries de barres de cuivre de forte section placées dans deux plans verticaux parallèles. Dans le plan antérieur se trouvent 17 barres verticales où aboutissent les fils d'amenée venant des sources de courant. Dans le plan postérieur se trouvent 12 barres horizontales d'où partent à droite et à gauche, par des coupe-circuits de 100 ampères les fils ; les 4 barres verticales du 1er groupe visible dans la partie droite sont reliées aux 4 bornes du transformateur de 50 kw. ; mises en relation avec les 4 barres horizontales supérieures, par fiches, elles permettent de conduire partout le courant de la ville. Les 5 barres verticales suivantes forment un deuxième groupe où sont connectées deux batteries d'accus du sous-sol, l'une de 70 éléments *Tudor* de 150 A. H. et 12 éléments de réglage, l'autre du type Pollak avec 20 de réglage. Tandis que la 1re parvient au tableau par 2 conducteurs issus l'un du pôle +, l'autre d'un réducteur à 13 plots, la 2e y arrive par

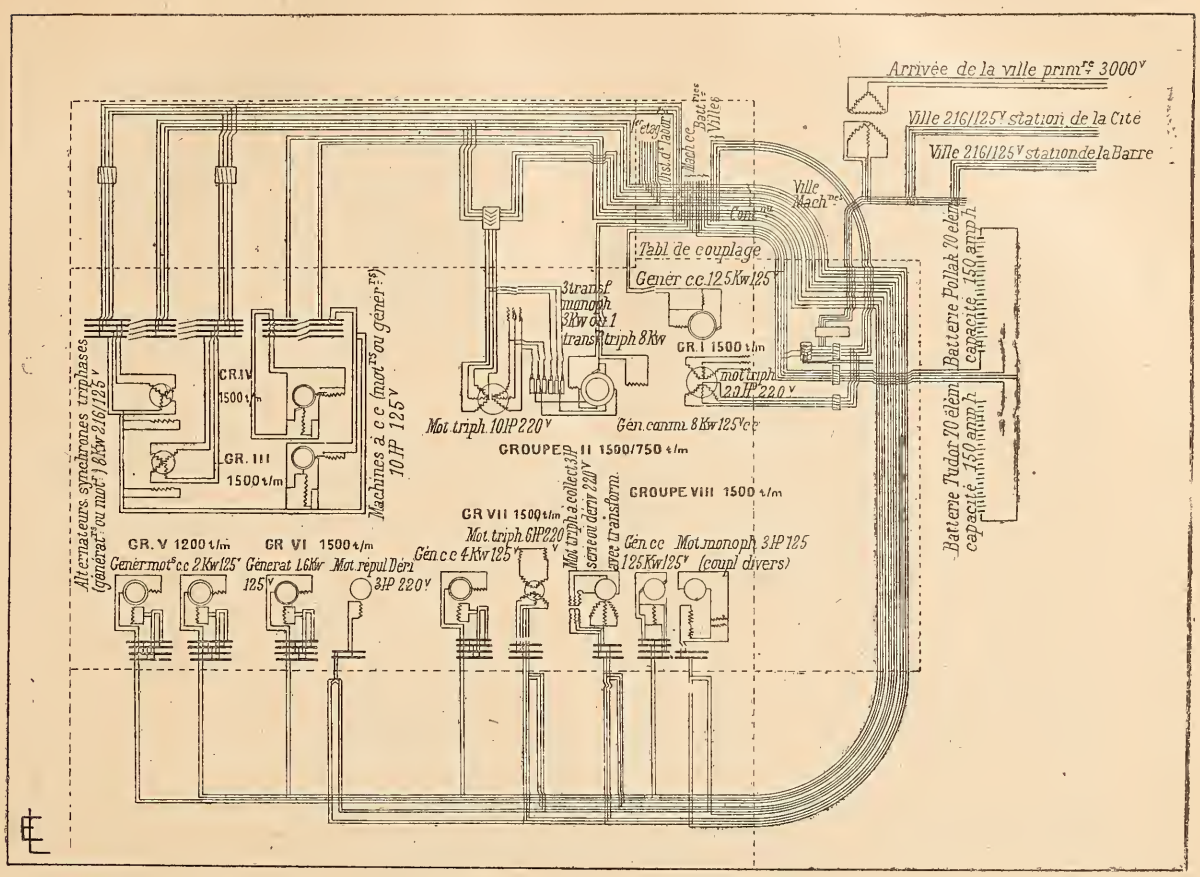


Fig. 2. — Réseau de la salle des machines.

3 fils dont 2 partent des pôles + et —, tandis que la 3e émane d'un réducteur à 21 plots. Ceci permet d'utiliser les éléments de réduction fournissant de 2 à 40 volts pour les mesures à bas voltage. Un 3e groupe de 4 barres verticales correspond aux dynamos des groupes I et II. Batteries et dynamos peuvent être branchées sur l'une ou l'autre des 2 paires de barres horizontales d'où partent 4 fils se rendant à tous les tableaux des machines. Couplées en parallèle, les 2 machines I et II peuvent avec les 2 batteries, fournir 300 ampères sous 125 volts, puissance que peuvent absorber en surcharge les moteurs d'alternateurs 3 et 4. En somme, toutes les combinaisons sont possibles.

Machines. — *Groupe I* : ce groupe transformateur comprend 1 moteur d'induction triphasé à 4 pôles dont l'induit est muni d'appareil de court-circuit et relevage des balais, et une dynamo à 4 pôles principaux en dérivation, et pôles auxiliaires en série. Le moteur donne 20 HP à 216 volts et 50 pér., la dynamo donne 100 ampères à 125 volts.

Groupe II (fig. 3) : 2 machines accouplées par manchons, l'une, un moteur d'induction triphasé à 4 pôles avec induit triphasé à bague, de 10 HP, et l'autre une dynamo à 4 pôles, dont l'inducteur porte 2 enroulements, de 6 kilowatts.

Ce groupe sert à la charge des accus et aussi à démontrer les propriétés si intéressantes des machines à collecteur employées comme transformatrices : en effet (V. fig. 2) les 3 barres horizontales du tableau de couplage côté alternatif (fig. 3) peuvent être reliées au réseau de la ville ou aux alternateurs 3 et 4, ce qui permet de transformer le courant alternatif en continu, par l'une des combinaisons suivantes :

a) Transformation par commutatrice monophasée (fig. 3) : Les 2 barres inférieures du tableau de couplage, côté alt., sont mises à 216 volts par exemple. Les 2 barres du même tableau, groupe II, côté continu, sont mises sous la tension de 125 volts fournies par l'une quelconque des sources de courant continu du Laboratoire. Trois transformateurs monophasés

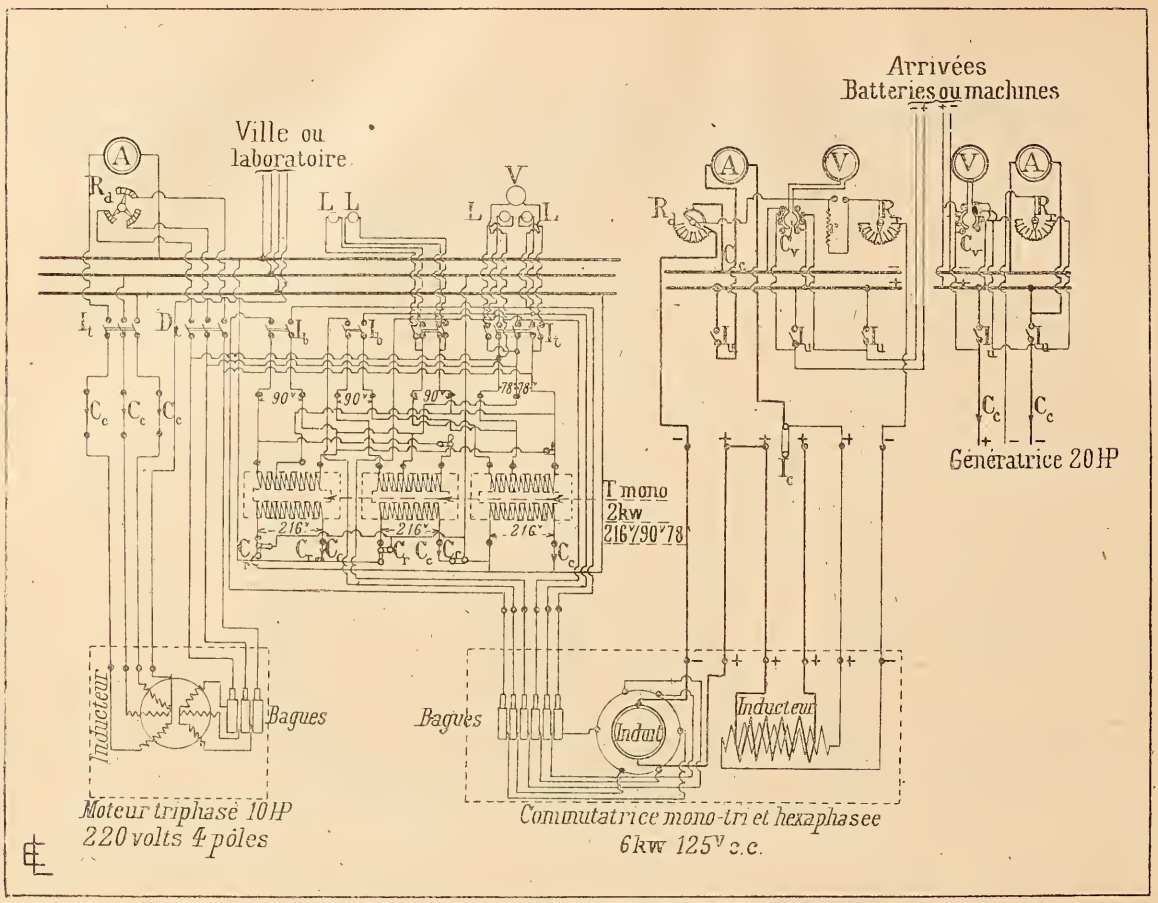


Fig. 3. — Schéma du tableau de couplage du groupe 2.

de 2 kw. sont couplés en parallèle sur des connecteurs C_r. Entre les 2 fils provenant des enroulements secondaires des transformateurs et aboutissant à l'un des interrupteurs bipolaires I_b (le 3e depuis la gauche) règne une tension alternative de 90 volts, La commutatrice est démarrée par un rhéostat R et l'interrupteur I_b est fermée quand les lampes L indiquent qu'il y a synchronisme et égalité de phase. La batterie est supprimée et la machine est prête à prendre de la charge en commutatrice à courant monophasé, ce qui est obtenu en fermant son induit, côté continu sur des lampes. Le facteur de puissance et le rapport de transformation peuvent être modifiés en agissant par introduction de résistance dans le circuit d'excitaiton.

b) Transformation par commutatrice triphasée (fig. 3) : Les 3 barres côté alternatif sont mises à 216 volts et les 2 barres côté continu à 125 volts.

Au moyen des connecteurs C_r, les 3 transformateurs de 2 kva., sont couplés du primaire au secondaire en triangle. De l'un des côtés de I_t règne une tension de 78 volts entre bornes. La commutatrice est démarrée comme sous *a*) et l'interrupteur est fermé quand les 2 lampes L en montage croisé brûlent avec le même éclat.

c) Transformation par commutatrice hexaphasée (fig. 3) : Les 3 barres côté alternatif sont mises à 216 volts et les 2 barres continu à 125 v. Au moyen des connecteurs C_r, les transformateurs sont couplés en triangle du côté primaire. Par d'autres connecteurs C_r, les secondaires sont séparés et se rendent par 6 fils aux 3 interrupteurs I_b où aboutissent également 6 fils venant des balais appuyant sur les 6 bagues de la commutatrice. Celle-ci étant démarrée comme sous *a*) et *b*), les 3 interrupteurs I_b sont fermés quand les lampes L branchées sur l'un d'eux indiquent que cette manœuvre peut être faite. La machine marche alors comme commutatrice à 6 phases.

d) Transformation par convertisseurs en cas-

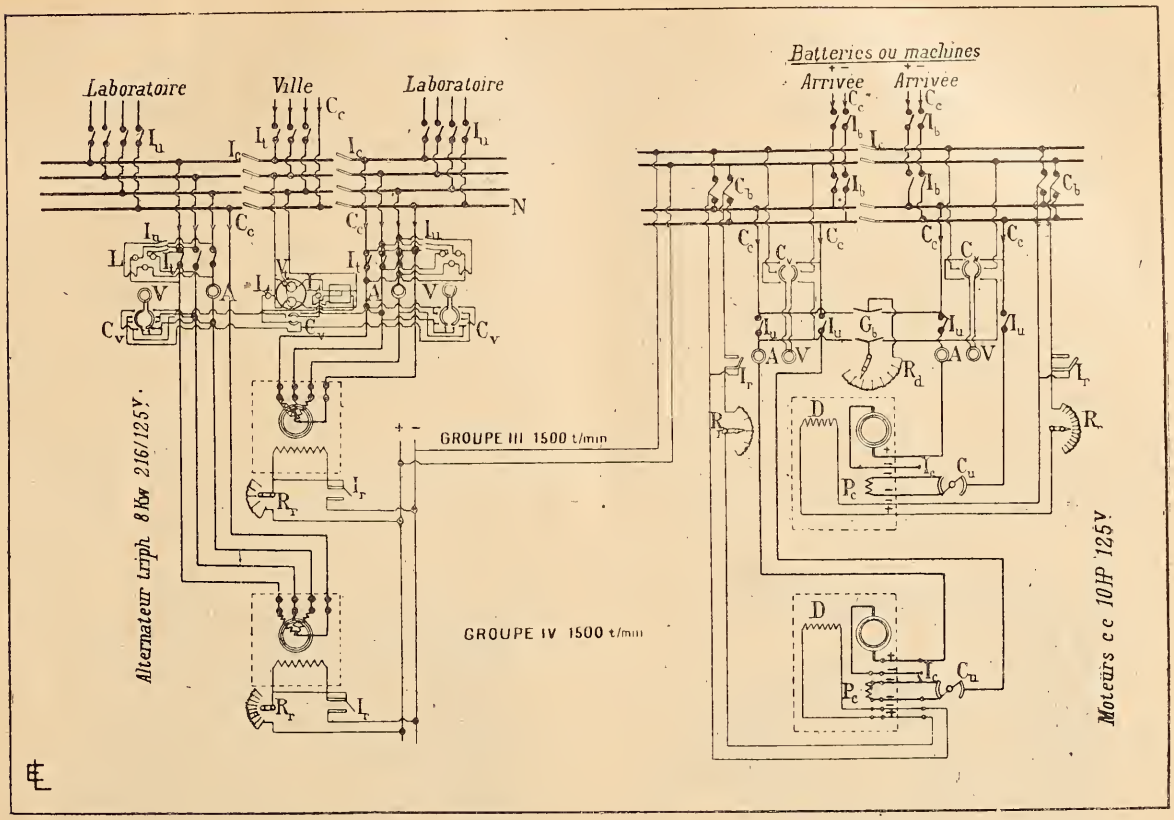


Fig. 4. — Schéma du tableau de couplage des groupes 3 et 4.

cade (fig. 3) : Les 3 barres côté alt. sont mises à 216 volts et les 2 barres continu sous 80 volts. L'interrupteur I_t placé sur le circuit inducteur du moteur d'induction est fermé. Tant que le groupe est au repos, le déconnecteur D_t placé sur les circuits de l'induit du moteur étant ouvert, l'interrupteur I_t de la machine secondaire se trouve soumis à 3 tensions alt. de 100 volts, et de même fréquence que celle de la source sur laquelle l'inducteur est fermé, par exemple, 50 périodes.

Le groupe étant démarré dans le sens du champ tournant de la machine primaire, ce qui se fait en se servant de la machine secondaire comme moteur (démarrage par le rhéostat R_d) et en ayant soin d'en exciter très fortement les inducteurs, l'interrupteur I_t est soumis, du côté induit de la machine primaire à des tensions dont la valeur et la fréquence vont en décroissant au fur et à mesure que le groupe s'accélère, et du côté alternatit de la machine secondaire à des tensions dont valeur et fréquence vont en croissant. Il y a ainsi une vitesse de groupe pour laquelle la valeur et la fréquence des tensions fournies par l'induit du moteur d'induction sont égales à celles des tensions entre bagues de la machine secondaire. Cette condition étant remplie, l'interrupteur I_t est fermé et si l'on supprime la source de courant continu nécessaire pour le démarrage, la transformation désirée s'opère à une vitesse constante qui est celle que prendrait sur la même source un moteur synchrone dont le nombre de pôles serait égal à la somme des nombres de pôles des 2 machines constituant le groupe convertisseur considéré. Le groupe n° II qui nous occupe est formé de 2 machines tétrapolaires. La machine primaire étant alimentée par des courants de 50 périodes par exemple, la vitesse que le groupe prend et conserve à toute charge est de 750 tours par minute, c'est-à-dire celle à laquelle tournerait un moteur synchrone qui aurait 8 pôles et qui serait alimenté par des courants de 50 pér. De plus, il est facile de voir, puisque le glissement de l'induit de la machine primaire dans le champ tournant de son inducteur ou stator est de 750 tours, soit de 50 %, que la machine secondaire absorbe des courants de 25 périodes par seconde, et qu'en conséquence, la moitié de la puissance qu'elle absorbe lui est fournie par

*

la machine primaire travaillant en moteur avec 50 % de glissement, et l'autre moitié, par la même machine travaillant en transformateur à champ tournant livrant des courants de 50 volts et 25 périodes.

Ainsi donc, la machine d'induction (primaire) travaille à la fois comme moteur et comme transformateur de fréquence, et la machine secondaire comme générateur par transformateur d'énergie mécanique en énergie électrique et comme commutatrice par transformation d'énergie électrique sous forme de courants triphasés en courant continu.

Un des principaux avantages de cet arrangement est le suivant : si l'on surexcite la commutatrice-génératrice de façon à lui faire absorber des courants présentant une avance de phase par rapport aux tensions correspondantes, ce déphasage se reporte automatiquement par effet transformateur, au primaire du moteur transformateur qui peut ainsi fonctionner avec tel facteur de puissance que l'on veut de telle sorte que le groupe jouit des mêmes avantages qu'un groupe transformateur synchrone ordinaire sans en avoir les inconvénients.

Groupe 3 et 4. — Ces 2 groupes sont identiques et comprennent chacun une machine à courant continu de 10 HP (moteur ou générateur) et un alternateur synchrone (générateur ou moteur) de 8 kw. (V. fig. 4.)

Les machines à courant continu sont tétrapolaires avec pôles principaux excités en dérivation et pôles de commutation en série. Les induits à enroulement série, sont construits pour la tension de 125 volts. Toutes deux sont munies de dispositifs d'exploration du champ au moyen desquels les déformations que subit ce dernier, soit dans la marche en moteur, soit dans la marche en générateur, peuvent être étudiées. L'une des deux porte en outre un dispositif permettant d'étudier les mêmes effets, ainsi que le phénomène de la commutation au moyen de l'oscillographe.

Les alternateurs tétrapolaires sont à induit fixe et à pôles saillants tournants. Les induits sont à enroulements triphasés avec points neutres accessibles ; ils sont construits pour 116/125 volts.

L'un d'eux porte 3 bobines d'exploration à pas différents dans le but d'étudier les effets de réaction d'induit au moyen de relevés oscillographiques. Les inducteurs portent des enroulements à fil fin de façon à être alimentés par batteries, à 125 volts. L'un des 2 alternateurs possède une roue inductrice de rechange, sans pôles saillants, du type turbo alternateurs (entrefer constant).

Inducteurs à pôles saillants et inducteurs à entrefer constant sont munis de bobines d'exploration permettant d'étudier les effets de la réaction de l'induit dans l'inducteur, effets dûs aux forces magnétomotrices inverses qui prennent naissance soit dans le fonctionnement en alternateurs triphasés à « phases » inégalement chargées, soit dans la marche en alternateurs monophasés à 2 « phases » en série ou à une seule « phase » (V. figure 4).

La figure montre que la moitié de droite du tableau de couplage porte l'appareillage des deux machines à courants continus. Deux arrivées de courant et deux systèmes de barres pouvant être réunis par des interrupteurs à couteau I_c, d'une part, et interrupteurs bipolaire I_b d'autre part, permettent d'alimenter les machines par la même source (groupe I et batteries) ou par des sources distinctes, par exemple dans la marche de l'une ou de l'autre des machines en excitation séparée. Les 2 commutateurs bipolaires C_b permettent de réaliser l'auto-excitation (position inférieure) ou l'excitation séparée (posit. supérieure). Un autre commutateur bipolaire C_b permet le démarrage des deux groupes au moyen d'un seul rhéostat R_d. Les commutateurs de voltmètre C_b permettent de préparer la mise en parallèle par comparaison de tensions entre barres de couplage et entre bornes des machines ou par réglage à zéro de la tension entre bornes correspondantes d'un même interrupteur unipolaire I_a. Les interrupteurs I_r placés sur les circuits d'excitation sont complétés par des résistances ayant pour but de shunter les inducteurs et d'éviter ainsi les surtensions qui se produiraient au moment de l'ouverture brusque des circuits D. Enfin les commutateurs unipolaires C_a permettent d'opérer la suppression ou la mise en circuit brusque des pôles de commutation. Tout cet appareillage est des plus utile pour l'étude des propriétés des machines à courant continu.

L'autre moitié du tableau de couplage est occupée par l'appareillage des 2 alternateurs. On y remarque un certain nombre d'appareils semblables à ceux qu'on vient de voir, et en outre des commutateurs de voltmètres C_r permettant de relever les tensions simples et composés des alternateurs.

(*A suivre.*)

J. QUINET.
Ingénieur E. S. E.

L'ELECTRICIEN *invite ses lecteurs et les constructeurs à lui adresser les vues ou schémas des appareils ou procédés nouveaux. Il publiera ceux qui présenteront un intérêt professionnel.*

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Accidents et dérangements aux machines

A COURANT CONTINU (*Suite* [1])

LES BALAIS CRACHENT MÊME A VIDE

9° La machine est surchargée.

Il peut se faire que la machine, s'il s'agit d'une génératrice actionnée par courroie, tourne trop vite soit par erreur du diamètre de la poulie, soit parce que la vitesse du moteur d'entraînement est trop grande au moment considéré, les balais crachent alors violemment, quelque position de calage qu'on leur donne, en même temps que le courant débité et le voltage sont exagérés.

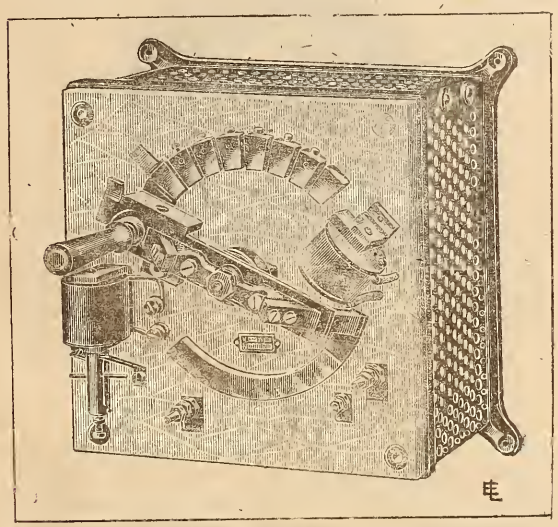


Fig. 7. — Rhéostat de démarrage à maxima et minima.

On constate alors que les inducteurs, l'induit et le collecteur s'échauffent de façon anormale. On modifiera, selon le cas, la vitesse de l'excitation ou les deux à la fois.

L'accident peut provenir du circuit extérieur, à la suite d'un défaut d'isolement dans ce dernier.

Les mêmes phénomènes se produisent dans un moteur surchargé.

Il suffirait, évidemment, pour éviter ces perturbations, de réduire la charge.

On pourrait augmenter l'excitation si l'on ne craint rien de ce côté, pour diminuer le courant dans l'induit.

(1) Voir *l'Électricien* du 15 août 1920.

Dans le cas de moteurs actionnant individuellement certaines machines-outils, par exemple, ou devant fonctionner sans surveillance continue, une bonne précaution pour éviter d'endommager le moteur et la machine actionnée elle-même en cas de surcharge brusque accidentelle, est de munir le moteur d'un rhéostat de démarrage à retour automatique à maxima et à minima (fig. 7).

De même dans le cas d'un moteur isolé sans surveillance (ventilateur, pompe, etc.) une précaution indispensable et de le munir d'un rhéostat à retour à minima. Il peut arriver, en effet, que, si le moteur vient à manquer de courant par arrêt de la station ou toute autre cause, à la remise du courant, le rhéostat étant à fond, le moteur reçoive la pleine tension, alors qu'il est à l'arrêt, d'où accident grave. Le rhéostat à minima (fig. 8) est alors tout indiqué pour prévenir cet accident.

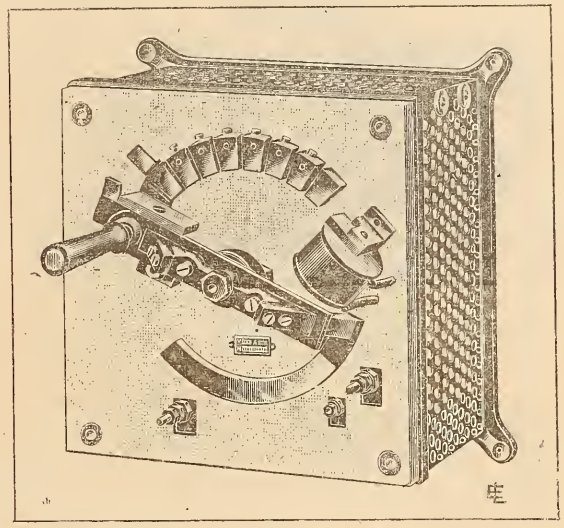


Fig. 8. — Rhéostat de démarrage à minima.

10° L'excitation de la machine n'est pas suffisante.

On s'apercevra tout de suite de ce fait, en ce qu'il faudra pousser la vitesse de la machine au-delà de la vitesse normale. Si c'est un moteur, il tournera trop vite.

Si l'on déplace les balais, il faudra alors les décaler fortement pour diminuer le crachement, mais la machine fonctionnera alors dans des conditions défectueuses.

L'insuffisance d'excitation peut tenir soit à un défaut d'isolement, soit à un court-circuit dans les inducteurs, comme nous l'avons déjà dit.

Dans le cas d'une machine nouvellement installée, il faudra s'assurer si les vérifications indiquées ci-dessus restent infructueuses, que le rhéostat d'excitation ne présente rien d'anormal, trop grande résistance, par exemple, par suite d'erreur.

11° La machine présente des entrefers inégaux.

Ce fait se révèle quelquefois, surtout lorsque l'induit comporte un enroulement en parallèle,

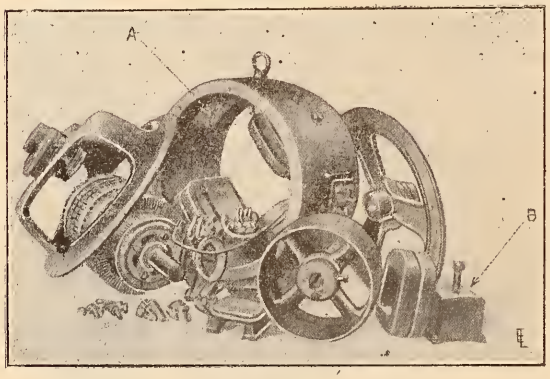


Fig. 9. — Machine à pôles démontables. — A. Emplacement du pôle rapporté B.

et que le flux est mal réparti, par suite d'entrefers inégaux ou de soufflures nombreuses dans une même pièce polaire, si elle est en métal coulé, comme c'est le cas pour la machine fig. 10 ci-dessus où les pôles sont venus de fonte avec la carcasse de la machine.

Les entrefers inégaux peuvent provenir d'un cintrage défectueux de l'induit, qui chauffe alors fortement par endroits. On s'assure de l'inégalité des entrefers en introduisant des lames minces de tôle de différentes épaisseurs entre l'induit et les pôles. Pour corriger le défaut de cintrage de l'induit, on pourra, si les paliers ou leur chapeau le permettent tout au moins essayer d'agir de ce côté, soit sur le palier lui-même, soit sur les coussinets.

Dans certaines machines bien construites, où les pièces polaires ou les pôles sont rapportés, on peut modifier l'entrefer en supprimant ou ajoutant des tôles minces entre l'alésage des pièces polaires et des pôles ou des pôles et de la carcasse, qui est le cas de la figure 9 ci-contre.

Si l'on ne peut faire ainsi, comme dans le cas de la machine, fig. 10 où les pôles, feuilletés, sont pris dans la masse de la carcasse, lors de la coulée de cette dernière, il faut aléser le pôle défectueux, ce qui nécessite ou entraîne alors une augmentation de vitesse de la machine suivant le cas.

C. — LES INDUCTEURS OU L'INDUIT CHAUFFENT DE FAÇON EXAGÉRÉE

I. Les causes peuvent en être, pour les inducteurs :

1° L'humidité du bobinage.

2° La production d'un court-circuit.

3° Un courant d'excitation trop élevé.

4° Une production anormale des pertes cuivre et fer.

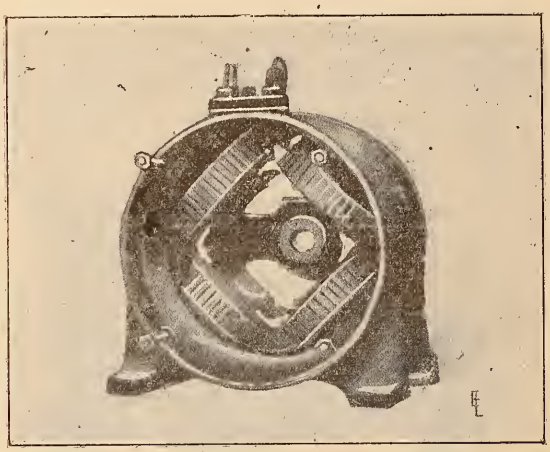


Fig. 10. — Machine à pôles pris dans la masse de la carcasse.

1° L'humidité du bobinage.

Si la machine s'est trouvée accidentellement mouillée ou a séjourné dans un endroit humide, il peut se produire l'accident que nous avons déjà signalé plus haut, pouvant entraîner la brûlure du bobinage. Il faudra alors faire sécher les enroulements en chauffant la machine dans une étuve de fortune et en agissant avec précaution pour ne pas détériorer les enroulements ou mieux en échauffant des enroulements de la machine à l'aide du courant provenant d'une source séparée, cela est plus prudent que d'opérer en faisant tourner la machine elle-même et en empruntant son propre courant.

On fera passer dans les électros une intensité égale au courant d'excitation normal, en agissant graduellement au début. Après plusieurs heures, on mesurera la résistance d'isolement et l'on poursuivra l'opération du séchage jusqu'à obstention d'un degré d'isolement stable et s'il est reconnu suffisant.

2° La production d'un court-circuit.

Ce cas se présente surtout dans les marchines compounds ou hypercompounds; cela provient généralement d'un contact entre l'enroulement série et l'enroulement shunt. On reconnaît cet accident à ce que le courant d'excitation dans l'enroulement shunt augmente de façon anormale. Comme nous l'avons indiqué déjà, il est facile de reconnaître les bobines dans lesquelles existe ce défaut; elles chauffent beaucoup plus que les autres, si elle ne brûlent pas toutefois.

3° Courant d'excitation trop élevé.

Cela peut provenir, comme nous l'avons vu, d'un court-circuit ou d'un défaut d'isolement. On connaît le remède.

Dans le cas d'une machine ou d'un moteur série, il peut se faire que des bobines chauffent plus que d'autres c'est qu'alors leurs nombres de spires ou leurs résistances ne sont pas les mêmes. Si l'échauffement n'est pas trop différent d'une bobine à l'autre, il n'y a pas d'inconvénient pour le fonctionnement de la machine.

Si les bobines chauffent toutes également et de façon exagérée, il est fort probable que le courant d'excitation est trop élevé; un ampèremètre dans le circuit d'excitation renseignera sur l'existence de ce fait. S'il n'y a pas de rhéostat de réglage, on pourra en mettre un convenable dans l'excitation.

Si l'accident se produit dans une machine série, on pourra shunter les inducteurs par une résistance convenable.

4° Une production anormale des pertes dans la machine.

Cela peut provenir : 1° De ce que le constructeur a admis des densités de courant trop fortes; 2° de ce que les pôles ou les pièces polaires ont été mal étudiés, amenant une production anormale des courants de Foucault.

Dans ces deux cas, si l'échauffement n'est pas admissible et dépasse les limites de garanties, il n'y a qu'à refuser la machine.

Heureusement, le cas est plutôt rare, provenant des deux causes ci-dessus. Il peut y avoir simplement interruption dans une bobine inductrice, produisant des variations de courant dans les inducteurs, d'où leur échauffement; surtout si les pôles sont entièrement massifs. On constate ce fait à l'aide d'un ampèremètre intercalé dans le circuit d'excitation.

II. Les causes d'échauffement de l'induit peuvent provenir :

1° De l'humidité de l'enroulement;

2° De la mise en court-circuit de sections d'enroulement;

3° D'une surcharge de la machine:

4° De pertes exagérées dans le fer et dans le cuivre.

1° Humidité de l'enroulement.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, il faudra faire sécher la machine, soit électriquement, soit par un procédé extérieur. On vérifiera l'isolement de l'enroulement par rapport à la masse comme il a été indiqué plus haut et jusqu'à obtention d'une valeur stable.

2° Mise en court-circuit de sections de l'enroulement.

Si l'accident se produit en marche, la violence des crachements subits des balais avertira de ce fait et quelque position que l'on donne aux balais, cette violence ne se modérera pas.

L'échauffement de la partie défectueuse ne tardera pas à se déclarer et, si la machine est maintenue en charge, l'isolation de la partie d'enroulement mise en court-circuit pourra être détruite.

Si le défaut existait avant une nouvelle mise en marche, il pourrait y avoir, comme nous l'avons vu, à la remise en marche, impossibilité d'amorçage de la machine.

3° Surcharge de la machine.

La production de violentes étincelles aux balais attire tout d'abord l'attention comme nous l'avons dit. Les appareils de mesure au tableau indiquant s'il y a surcharge.

Nous ne reviendrons pas ici sur ce qui a été déjà dit, nous contentant d'attirer l'attention sur l'analogie des phénomènes dans les deux cas et les moyens d'y remédier.

4° Pertes exagérées dans le fer et dans le cuivre

Une perte exagérée dans le fer de l'induit peut se reconnaître facilement, il suffit de faire tourner, pendant quelques minutes, la machine à vide, le fer de l'induit chauffera.

Ce fait peut tenir à une mauvaise construction : mauvaise qualité du fer, courts-circuits dans les tôles, insuffisance de la division du fer, etc.

En charge, si l'induit chauffe de façon anormale et régulièrement dans toute sa masse, et si l'on ne constate pas les défauts déjà signalés, il pourra y avoir insuffisance des sections de cuivre d'enroulement, par construction médiocre ou mauvaise.

Dans les deux cas ci-dessus, si les garanties ordinaires ne peuvent être tenues par le constructeur, le refus de la machine s'impose.

D. — LA MACHINE RONFLE DE FAÇON ANORMALE

Ce ronflement particulier provient de ce que les dents de l'induit sont soumises à des variations trop rapides d'aimantation. Il peut y avoir superposition, en même temps, des vibrations de la machine en mouvement. Ce sont là deux causes de mauvais fonctionnement.

Ce ronflement peut s'atténuer en diminuant la vitesse de la machine ou son excitation, ou les deux à la fois. On comprend que la machine fonctionne alors dans de mauvaises conditions de rendement. Quant aux vibrations, il faut les supprimer absolument, en vérifiant le serrage des boulons d'assises, etc.

E. — DANS LE CAS D'UN MOTEUR, CE DERNIER NE DEMARRE PAS

Voici quelques causes pouvant rendre le démarrage impossible :

1° Montage défectueux ;
2° Accident au rhéostat de démarrage ;
3° Court-circuit ou coupure dans l'induit ;
4° Court-circuit ou coupure dans les inducteurs ;

1° Montage défectueux.

Un montage défectueux fréquent est celui de l'excitation par rapport au rhéostat de démarrage

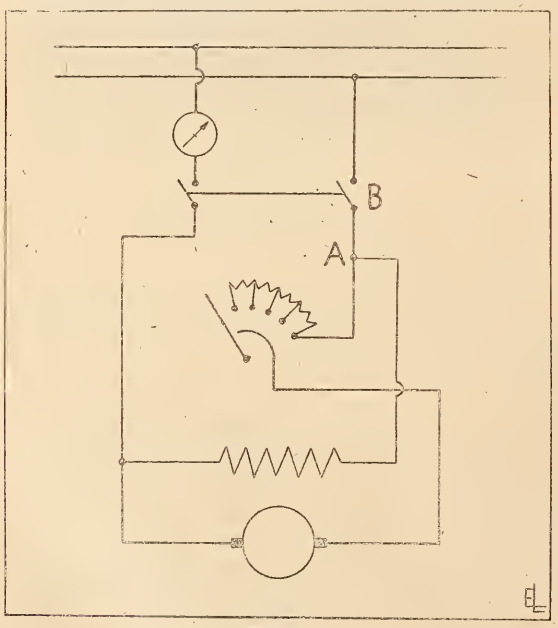


Fig. 11.

lorsque celui-ci ne comporte pas la petite borne d'excitation généralement prévue pour cela. Dans ce cas, en effet, il peut arriver qu'on branche par erreur l'extrémité A de l'excitation après le rhéostat de démarrage au lieu de le monter avant, comme l'indique la figure 11.

Si on lance le moteur à la main, à vide, il tournera.

Pour arrêter le moteur, on pourra couper le courant par le rhéostat de démarrage, si le dernier plot et le contact de la manette sont prévus pour cela.

On peut, et cela vaut mieux dans les autres cas, couper en ouvrant l'interrupteur bipolaire B, après avoir, au besoin, amené la manette du rhéostat de démarrage sur la plus grande résistance. Il pourra y avoir alors un petit freinage, l'induit du moteur débitant alors, à travers la résistance du rhéostat de démarrage, sur les inducteurs. En tout cas, l'excitation diminue peu à peu et la self-induction des inducteurs s'écoule lentement à travers l'induit sans produire de force électromotrice élevée.

Il faudra avoir soin, après l'arrêt du moteur, de mettre la manette du rhéostat à zéro.

2° Accident au rhéostat de démarrage.

Le moteur, à la mise en marche, ne démarrera pas, en effet, et on constate dans ce cas qu'aucun arc ne se produit entre le contact de la manette du rhéostat et le premier plot ou que l'ampèremètre n'indique rien, alors que le voltmètre donne le voltage de la ligne.

On s'assurera que le coupure n'est pas dans la ligne aboutissant au moteur.

Dans le cas d'un court-circuit au rhéostat de démarrage entre résistances, en passant d'un plot à l'autre, il pourra y avoir un à-coup au moteur. Dans les deux cas, on vérifiera le rhéostat de démarrage.

3° Court-circuit ou coupure dans l'induit.

Nous avons déjà signalé ce dérangement. On le décèlera par les faits ci-après :

Qu'il n'y a pas d'erreur dans les connexions, que le courant passe bien dans l'induit et dans les inducteurs, enfin, que le démarrage à la main de l'induit est très difficile.

4° Court-circuit ou coupure dans les inducteurs

Nous avons déjà examiné les deux cas à propos d'une génératrice.

S'il s'agit d'un moteur série, il démarrera à faible vitesse, s'il y a court-circuit dans les inducteurs, en même temps que la bobine où existe le court-circuit chauffe ou brûle.

Si les électros sont mal couplés, il pourra, suivant le cas, s'il y a opposition complète des pôles, y avoir absence complète de démarrage, sinon vitesse faible au démarrage, puis emballement. Dans ce cas, l'ampèremètre indiquera toujours un fort courant de démarrage et la fusion des plombs aux coupe-circuits avertira de ce fait.

S'il y a une rupture de fil dans les électros, on en sera averti par l'ampèremètre intercalé sur la ligne du moteur, la non aimantation des pôles, etc. ; il pourra y avoir également fusion aux coupe-circuits.

R. Sivoine.

(A suivre).

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

Protection des distributions à courant alternatif

sans emploi de conducteurs spéciaux *(Suite [1])*.

Avec un feeder transmettant une petite puissance, l'installation du consommateur peut être protégée par un relais de surcharge ou mieux encore par des relais combinés de surcharge et de perte à la terre en admettant de très petites constantes de temps. Si l'installation est alimentée par une paire de feeders en parallèle et que l'on puisse prendre la puissance sur l'une ou l'autre, l'emploi des relais à retour de courant connectés comme le montre la figure 8 est à conseiller, car ils fournissent une protection complète s'ils sont placés aux deux extrémités de la section, soit que les feeders en parallèle soient indépendants ou forment une partie de la boucle principale. Cette disposition a l'avantage plus lointain de protéger contre les surcharges et les pertes à la terre (2).

Il est utile de ne pas négliger la protection des générateurs et d'en dire quelques mots par suite de la répercussion qu'elle présente sur le courant de capacité de la résistance de terre. Des systèmes variés et excellents ont été employés ; il suffira de citer parmi les derniers le « Merz-Beard » dans lequel les deux extrémités de chaque enroulement du générateur sont montées en série avec le primaire d'un transformateur à anneau, le secondaire étant connecté à un relais à retour de courant et à compensation pour le voltage.

La plupart des dispositifs d'isolement, le « Merz-Price » ou le « Merz-Beard » par exemple, sont seulement sensibles à une terre ou à un défaut entre phases et sont sans action en cas d'accident mécanique ou d'erreur dans la mise en parallèle ; d'un autre côté un relais à retour de courant agit quel que soit le défaut. On a souvent exprimé la crainte qu'un courant puissant en sens inverse puisse faire déclancher l'interrupteur du générateur qui est contrôlé par des relais à retour de courant ; l'expérience montre cependant qu'avec un courant de réglage convenable et une constante de temps d'une fraction de seconde ces craintes sont sans aucun fondement. Quoique le courant circulant entre les machines soit souvent considérable, il n'est pas en phase avec le voltage et en conséquence tend peu à faire fonctionner les relais. D'un autre côté, si on commet une erreur dans la mise en parallèle et qu'un générateur soit connecté aux barres lorsqu'elles ne sont en service ou en phase, le relais agira et préviendra le mal. Dans un certain nombre de stations, les générateurs sont encore protégés au moyen de relais de surcharge, mais, dans la plupart des cas, leur transformation en relais à retour de courant devrait être opérée. Certains relais à retour de courant peuvent être disposés pour agir avec un courant en sens normal exceptionnellement grand accompagné d'une chute de tension. S'il s'agit de protéger un générateur il y a là un moyen d'isoler le générateur en cas de défaut sérieux aux barres omnibus. Selon l'opinion de l'auteur, il est précisément de la plus grande importance que le champ puisse être promptement ouvert avant que le générateur ne soit coupé des barres, et il est à recommander, pour plus de simplicité, d'avoir les bobines du champ et les interrupteurs du circuit principal en série avec les contacts du relais.

Il est ordinairement possible de connecter les points neutres des générateurs à une barre commune mise à la terre à travers une résistance. Un inconvénient possible de ce dispositif est que si la troisième harmonique de l'onde est très prononcée, un courant de circulation se produira entre les machines. De tels courants de circulation peuvent être mauvais pour les instruments de mesure, etc..., ils peuvent être éliminés soit en mettant à la terre, au moment même des mesures, un seul générateur ou en connectant une partie de la résistance entre chaque point neutre et la barre de terre (voir fig. 9). Si les résistances R_1 et R_2 ont chacune une valeur égale à 15 % de R_3, la troisième harmonique pourra généralement être réduite à une valeur parfaitement négligeable. A moins que l'on emploie une résistance séparée, un interrupteur doit être inséré dans le circuit de chaque terre de sorte que les générateurs non en service puissent être déconnectés de la barre de terre ; en négligeant cette disposition, les générateurs non en service pourraient être atteints en cas de défaut.

Pour profiter de la protection contre les pertes à la terre dans les systèmes dont le point neutre

(1) Extraits d'un mémoire lu devant l'I. E. E. par le major Kenelm Edgcunbe.

(2) V. *l'Electricien* du 15 août 1920.

n'est pas accessible, transformateurs ou générateurs en triangle, il est nécessaire de créer un point neutre artificiel. Le mieux est probablement d'employer un transformateur triphasé connecté en zigzag (fig. 10). Chaque partie porte deux enroulements semblables connectés sur les phases adjacentes; une extrémité de chacun est montée en étoile, tandis que les extrémités restantes sont connectées aux lignes à travers des résistances ER. La petite figure placée à droite du schéma 10 montre la relation qui existe entre les six enroulements. Dans des conditions normales, le courant absorbé est simplement le courant magnétisant du transformateur, mais s'il se produit une terre,

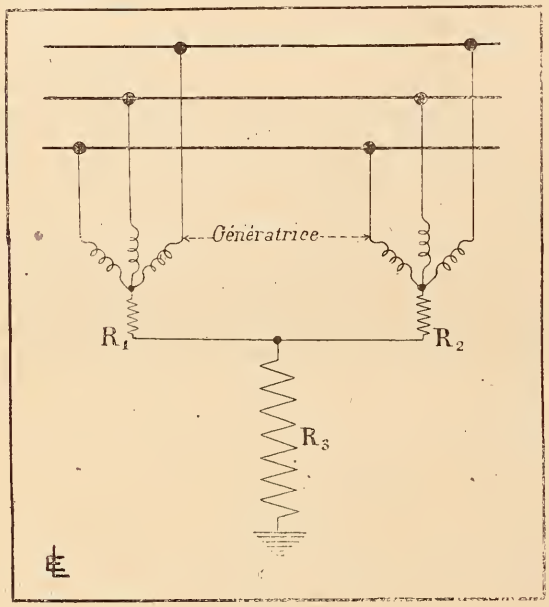


Fig. 9.

par exemple sur la phase inférieure, un voltage est induit dans les enroulements 1 et 2 connectés entre la phase fautive et la terre, par les deux autres bobines connectées aux phases saines. Le courant s'écoulant à la terre à travers un défaut quelconque est limité à la valeur désirée par la résistance de terre; un grand avantage est d'avoir une résistance maximum au début et qui diminue ensuite pour égaliser la valeur du courant. Une résistance de terre possédant cette propriété est celle à poudre de charbon de M. Brazil. Cette résistance est constituée par un certain nombre de gouttières isolantes en argile réfractaire qui contiennent la poudre de charbon disposée entre deux électrodes terminales en charbon. Ces gouttières sont placées l'une au-dessus de l'autre et groupées de telle sorte qu'on obtienne la résistance désirée et qu'elle puisse transporter le courant voulu. Deux résistances de ce type sont installées à Londres et à la station génératrice du South-Western Railway; chacune peut laisser passer 325 ampères à 11.000 volts après 20 secondes.

L'augmentation du courant pendant un temps donné n'est pas tout à fait proportionnelle au carré du voltage appliqué; en choisissant un voltage assez bas, les résistances peuvent être laissées en circuit pendant un temps indéfini. En employant une résistance de ce type, s'il se produit une terre proche ou éloignée des barres omnibus, le courant sera limité à celui qui est requis pour actionner les relais; la répercussion sur le système sera réduite à un minimum et l'interrupteur ouvrira le circuit

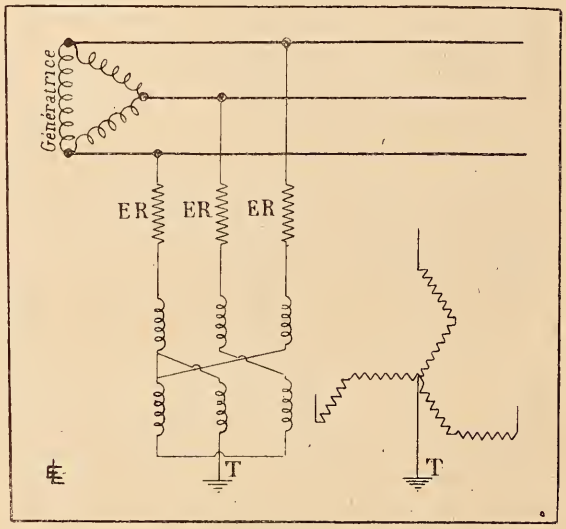


Fig. 10.

avec un courant de faible valeur. La résistance Brazil peut être regardée comme pratiquement indestructible, même portée au rouge pendant un certain temps. Il n'y a pas à prendre de précaution spéciale pour son installation et les unités peuvent être facilement regroupées ou augmentées. On a proposé, au lieu d'une résistance de terre, d'employer sur le même circuit une réactance, mais cela ne va pas sans de sérieux inconvénients. L'emploi d'une réactance ne peut avoir lieu que si la réactance est combinée avec une résistance ohmique suffisante pour limiter le courant de terre à une petite valeur. Dans une station moderne avec neutre à la terre, l'emploi d'une réactance ne peut donc être regardé comme étant un moyen pratique de protection.

Il n'est pas possible de poser des règles solides et rigoureuses en ce qui concerne le courant de ré-

Mode de protection.	Courant de réglage des relais.	Courant minimum dans la résistance de terre.
Relais de surcharge (fig. 2).	150 % de la capacité du feeder.	150 % de la capac du pl. gr. feeder.
Relais de surcharge (fig. 8).	150 % — —	150 % — —
Relais à retour différentiel (fig. 4)	70 % — —	80 % — —
Relais à retour différentiel (fig. 6).	20 % — —	25 % — —
Relais de perte à la terre (fig. 2).	80 % du court de la résist. d. terre.	20 % — —
Relais de perte à la terre (fig. 8).	80 % — —	40 % — —
Protection de générateur avec le « Merz Price » ou le « Merz-Beard ».	50 % de la capacité du générateur.	70 % de la capac. du pl. gr. générat.
Protection de générateur avec relais à retour.	25 % — —	35 % — —

glage des relais et la meilleure valeur à adopter pour la résistance de terre ; chaque cas doit faire l'objet d'une étude spéciale.

La table ci-dessus peut servir de guide :

En calculant le réglage d'après la 2e colonne, il faut admettre une certaine tolérance pour le partage du courant du défaut entre les feeders en parallèle.

En appliquant les chiffres de la troisième colonne, on constatera souvent que la protection du générateur transmet un courant plus grand que les feeders. Dans la protection des générateurs avec des relais différentiels de surcharge, le courant de réglage ne peut pas être réduit à une trop faible valeur, de crainte qu'un manque d'équilibre ne fasse fonctionner le relais avec un très fort courant en sens normal. En employant ce dispositif on peut facilement donner aux relais une grande marge de contrôle.

Lorsque des transformateurs de courant du type vertical sont employés, comme ce devrait être le cas partout où la chose est possible, la valeur du courant passant dans la résistance de terre ne doit pas être inférieure à 100 ampères. Avec une résistance de terre ayant un coefficient négatif de température, les chiffres donnés dans la dernière colonne peuvent être considérés comme donnant la valeur du courant initial ; si la résistance a un coefficient positif de température, ils doivent être à peu près doublés.

Le courant nécessaire pour faire fonctionner les bobines de déclanchement des interrupteurs peut être fourni par l'une quelconque des sources suivantes :

1° Courant alternatif produit par un transformateur de potentiel ;

2° Courant alternatif produit par un transformateur de courant placé dans le circuit affecté.

3° Courant continu produit par un groupe convertisseur basé sur un principe suggéré par M. F. Ayton.

Le premier mode de production ne doit pas être employé sauf le cas où l'on dispose d'une source de courant alternatif indépendante. Le deuxième procédé est, à vrai dire, loin d'être satisfaisant et ne doit être employé que s'il est impossible d'en adopter un autre. Le troisième procédé est de beaucoup le meilleur, une batterie d'accumulateurs étant la disposition idéale. On ne peut recommander l'emploi du courant produit par une excitatrice puisque, s'il se produit un défaut grave, les excitatrices tendent à devenir instables.

Dans les sous-stations ou autres installations où il n'y a pas de sources convenables à courant continu, M. Ayton a suggéré à l'auteur, il y a quelques années, un système qu'on pourrait peut-être appeler à « déclanchement momentané ». Cette méthode consiste à conduire une petite génératrice à courant continu à l'aide d'un moteur à courant alternatif, la génératrice servant de source d'énergie pour faire fonctionner les interrupteurs. Pour éviter qu'il ne puisse y avoir de manque de courant continu, même dans le cas où l'alimentation du moteur viendrait à manquer, les deux machines accouplées sont munies d'un volant très lourd. Le calcul montre que le poids du volant requis pour emmagasiner une grande quantité d'énergie n'est nullement excessif, en même temps qu'il est loisible d'ajouter une batterie d'accumulateurs qui incontestablement est un volant excellent.

Il est essentiel d'avoir des transformateurs de courant ayant le rapport voulu de transformation et il est non moins utile de les essayer connectés aux relais qu'ils sont appelés à faire fonctionner.

Une méthode d'essai recommandée par le Comité des Moyens de protection de l'Institut des ingénieurs électriciens américains est représentée, (fig. 11). CT est le transformateur de courant et R la bobine du relais. Le courant d'essai est appliqué aux bornes PP du transformateur (lequel naturellement n'est pas en service) à travers une résistance variable. Le courant passant à travers l'ampèremètre AM est le résultant de celui qui passe à travers le relais et de celui d'excitation du transformateur ; mais la résultante de ces deux quantités (multipliée par le rapport du transformateur) est égale au courant primaire correspondant. Il est donc facile de calculer quel courant il faut faire passer à travers AM pour avoir dans le relais R le courant qui doit y passer dans les conditions normales de travail. Une résistance variable VR permet de régler le courant ; un curseur VR est

disposé de telle sorte qu'il soit mis en marche par la fermeture du circuit d'essai et arrêté par le fonctionnement des relais ; on peut ainsi mesurer avec exactitude l'intervalle de temps qui s'écoule entre ces deux opérations. Cette méthode a aussi l'avantage d'essayer les enroulements secondaires par rapport aux court-circuits et à la continuité et le transformateur de courant par rapport à un court-circuit et à la terre. Après avoir essayé par cette méthode le transformateur de courant à une grande surcharge, il faut prendre le soin de le démagnétiser complètement en ramenant graduellement le courant à zéro.

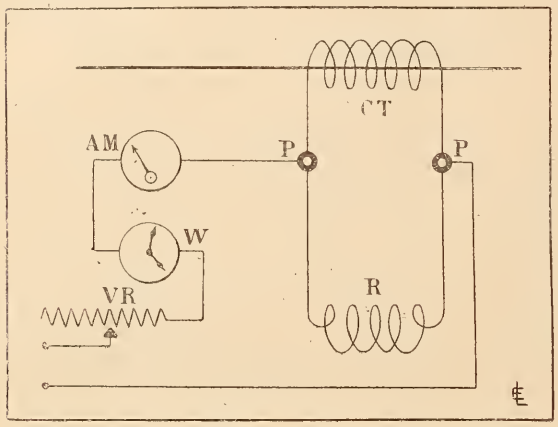


Fig. 11.

La protection des transformateurs de courant contre les surtensions est de grande importance. Le transformateur de courant alimentant un relais est particulièrement exposé au dommage résultant des ondes et vagues à front rapide ; c'est la première réactance que les ondes rencontrent en se précipitant dans le feeder. Il est toujours préférable d'employer des transformateurs verticaux, mais, eu égard à l'exactitude, cet emploi n'est pas à conseiller si le fonctionnement du relais a lieu avec un courant inférieur à 100 ampères. Incidemment on peut ajouter qu'il est préférable de ne pas alimenter les appareils de mesure par les mêmes transformateurs que ceux qui alimentent les relais, étant donné que les premiers doivent être exacts sur toute leur étendue.

Lorsqu'on emploie des transformateurs de courant à spires nombreuses sur des lignes exposées aux ondes, — peu en sont affranchis, — il est prudent de court-circuiter l'enroulement primaire par une résistance non inductive qui forme un by-pass aux ondes. Aussi longtemps que la valeur de la résistance est adaptée à l'impédance du transformateur de courant, l'exactitude de celui-ci n'est pas affectée d'une manière appréciable.

Conclusions.

Les points sur lesquels l'auteur s'est efforcé d'attirer l'attention peuvent être résumés comme il suit :

1° Dans n'importe quel système de protection, la continuité de l'alimentation doit être la première considération, la simplicité la deuxième et l'adaptation, la troisième.

2° Les points neutres des générateurs et transformateurs élévateurs ou abaisseurs doivent être mis à la terre à travers une résistance ayant un coefficient de température négatif.

3° Lorsque le point neutre n'est pas accessible, le système peut être mis à la terre à travers un transformateur en zigzag et une résistance de terre.

4° Dans un grand nombre de cas, l'emploi de conducteurs spéciaux n'est pas utile ; la distribution entière et chaque partie prise séparément peuvent être protégés par des relais de surcharge à retour de courant ou de pertes à la terre selon qu'on emploie l'une ou l'autre des trois méthodes suivantes :

a) Pour feeders uniques indépendants, protection combinée de surcharge et de perte à la terre (fig. 2).

b) Pour feeders en parallèle indépendants, relais différentiels à retour de courant (fig. 4).

c) Un simple interconnecteur entre deux stations génératrices peut être traité comme un feeder indépendant et protégé à chaque extrémité comme dans (*a*) ci-dessus.

d) Pour un conducteur en boucle se composant de feeders uniques, emploi de relais combinés de surcharge et de perte à la terre à retour de courant (fig. 8).

e) Pour interconnecteurs ou conducteurs principaux en boucle composés de feeders en parallèle, relais différentiels à retour de courant (fig. 4).

f) On peut adjoindre à tous les dispositifs ci-dessus une protection pour voltage minimum aux stations où cette adjonction semble utile.

g) Pour la protection des générateurs fonctionnant en parallèle, des relais à retour de courant et à compensation pour le voltage avec courtes constantes de temps sont effectifs contre tous les défauts et il n'y a pas à craindre qu'ils fonctionnent prématurément.

5° Tous les relais de surcharge doivent avoir des courbes temps/courant semblables avec un minimum fixé indépendant de la surcharge.

6° Tous les relais à retour de courant doivent être compensés par une chute de voltage à 2 ou 3 % et peuvent être dans quelques cas destinés à agir avec un fort courant dans n'importe quel sens à voltage nul.

7° Les transformateurs de courant doivent être autant que possible du type vertical et devraient d'ailleurs être protégés par une dérivation non inductive de capacité spécialement choisie d'après les caractéristiques du transformateur.

M. Marre,
Ingénieur-électricien E. T. P.

Galvanisation à sec.

Dans le procédé de galvanisation à sec, ou « sherardizing » de l'acier et du fer, il est important de ne pas exposer à l'atmosphère les objets qui viennent d'être recouverts, avant que leur température ne soit descendue de celle du bain à 38° environ. L'appareil décrit par l'*Engineer* du du 14 mai 1920 remplit cette condition et présente quelques autres avantages.

La méthode, on le sait, consiste à chauffer les pièces à recouvrir au contact de poudre de zinc. Cette poudre impalpable est un produit dérivé des fonderies de zinc. On en trouve de grandes quantités aux États-Unis où elle coûte 2 fr. 50 le kilog. La poussière de zinc des usines anglaises n'est pas si pure mais elle est cependant préférable, car elle s'agglutine moins. Elle est mélangée avec une petite proportion de sable fin avant usage.

Les pièces à revêtir sont plongées dans de l'acide hypochlorique, nettoyées, puis mises avec la poudre dans un tambour qu'on peut faire tourner autour de son axe. Le tambour est ensuite chauffé extérieurement à une température d'environ 376° et maintenu à cette température le temps suffisant. La température et la durée du chauffage dépendent du genre de travail; il sera donc nécessaire de pouvoir contrôler la température très soigneusement et à tout instant; dans ce but le tambour est muni d'un thermomètre à longue tige ou d'un pyromètre.

Le plus petit de ces appareils décrits possède un tambour de 22 cm. 5 de diamètre et 40 centimètres de long. Un des tourillons sur lesquels tourne le tambour est creux pour qu'on puisse y placer le thermomètre. Le tambour est conduit par un moteur électrique; il est renfermé dans une boîte dont les parois sont recouvertes de briques réfractaires. Sur un des côtés du tambour se trouve une porte maintenue étanche au moyen de garnitures en amiante; elle sert à l'introduction de la charge. On emploie un bec à gaz pour chauffer l'appareil.

Au bout de cette boîte se trouve une autre boîte qui sert à recevoir le tambour quand le chauffage est terminé; on le fait tourner de nouveau jusqu'à ce que la température tombe à 38°, température à laquelle il n'y a plus de danger d'oxydation pour le zinc par exposition à l'air. Quand l'opération est terminée la poudre de zinc tombe par une trémie dans un autre tambour placé en dessous; on évite ainsi les pertes de poussière de zinc fréquentes dans les autres appareils où il faut la séparer de la charge.

Il existe des appareils du même modèle allant jusqu'à 4 m. 50 ou 4 m. 80 de long; dans ce cas des carneaux sont disposés à l'intérieur du tambour pour faciliter le chauffage.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire il ne se produit qu'un très faible dépôt de zinc sur les parois du tambour. M. G.

Magnéto oscillante à haute tension

Les fabricants de magnétos anglaises M. L. ont construit un nouveau modèle de magnétos destiné aux moteurs fixes à combustion interne et à quelques moteurs lourds à faible vitesse, décrite dans *Engineer* du 11 juin 1920. Il comporte un induit oscillant engendrant du courant haute tension au moyen d'enroulements fixés à l'induit. Celui-ci est actionné par un mécanisme d'enclanche qui commande un levier fixé soit en bas, soit à gauche, soit à droite, suivant les besoins. Le levier est d'abord ramené en arrière de 30°, puis il est libéré et revient en avant à 25° au-delà du point mort sous l'action de deux ressorts à boudin opposés, l'un au-dessus et l'autre au-dessous. Le contact est interrompu 10° environ après le point mort, c'est-à-dire à un moment où le courant dans l'enroulement primaire de l'induit est à son maximum. Une forte étincelle d'allumage est produite à toutes les vitesses jusqu'à la maxima qui correspond à 500 tours par minute du vilebrequin.

La nouvelle magnéto comporte les perfectionnements apportés aux magnétos anglaises d'après-guerre. Les pièces polaires au lieu d'être d'une seule pièce sont faites de lames de métal. Elle est étanche et les joints entre la magnéto et les couvercles sont faits, grâce à un ajustage soigné, sans emploi de garnitures spéciales.

Dans ce type de magnétos la construction du condensateur a une certaine importance car le type ordinaire de condensateur est sujet à se dérégler sous l'action du choc mécanique, dû au système d'enclanche. Le condensateur employé est fait de feuilles alternées de mica et d'étain.

La longueur extrême de la magnéto est de 179 millimètres, la hauteur de 137 millimètres, l'axe de l'induit est à 45 millimètres au-dessus du socle. M. G.

L'ÉLECTRIFICATION DES USINES TEXTILES.

L'énergie électrique prend de jour en jour une place plus importante dans la manufacture des matières textiles; ce système a des avantages et des inconvénients dont l'étude détaillée nous conduirait trop loin et nous nous bornerons à donner ici les caractéristiques d'un moteur récent spécialement construit pour l'industrie textile (*Electrical Review* du 23 janvier 1920).

Ce qu'il faut arriver à obtenir avant tout c'est le réglage des vitesses des machines; il y a une limite maxima de vitesse que l'on ne doit pas dépasser.

D'un autre côté, il est nécessaire de faire tourner les machines à une vitesse aussi proche que possible de cette limite afin d'obtenir la plus grande production possible. Les variations de vitesse étaient la source des pertes considérables dans les premiers temps de la commande mécanique, et même encore actuellement cette perte n'a pu être entièrement éliminée par les méthodes non-électriques.

Un autre inconvénient de la commande mécanique est la puissance perdue dans la transmission. Si l'on emploie une machine à vapeur, il faut disposer un système compliqué de courroies et de poulies et même de chaînes et d'engrenages. Si l'on veut stopper la machine pendant un court intervalle, deux jours par exemple, il est bon de garder les feux allumés, d'où une dépense inutile de combustible. Avec la commande électrique rien de pareil.

Pour satisfaire aux exigences des machines textiles, la General Electric C°-Ltd a construit le moteur Witton Ce moteur est complètement fermé pour le protéger des poussières. Il est monté sur une petite plaque de fondation et est supporté à une extrémité par un ressort qui maintient automatiquement tendue la courroie de transmission. Le moteur Witton est construit en trois dimensions : 1/2, 3/4 et 1 HP mi-charge, le rendement du moteur est de 85 %; à environ 60 % de la pleine charge, son rendement s'élève à 86 %, et à pleine charge, il atteint encore 80 %.

Lorsque le courant est fourni par une entreprise extérieure et que ce courant est du courant continu, il est d'usage de le transformer en courant alternatif au moyen de convertisseurs rotatifs; une excitation séparée maintient la vitesse constante pendant les variations de charge. On a constaté en effet, que, pour diverses raisons, le courant alternatif est préférable au courant continu pour ce genre de travail; tout d'abord, les installations sont moins chères; ensuite un moteur à courant alternatif tourne presque synchroniquement avec le générateur, ce qui rend la variation de vitesse très faible par rapport à celle d'un moteur à courant alternatif (le glissement ne variant pas de plus de 5 % de la pleine charge à zéro); enfin, le moteur à courant alternatif a un meilleur rendement et le mécanisme de démarrage est plus simple.

De petits alternateurs allant jusqu'à 400 kw. peuvent être conduits par des machines alternatives à grande vitesse, mais dans les plus grandes installations, l'emploi des turbines à vapeur s'est montré plus satisfaisant, car il diminue les pertes de transmission.

En terminant, signalons que la commande individuelle des machines textiles présente de nombreux avantages, surtout du fait de la suppression des engrenages aériens. M. G.

LÉGISLATION

Demandes de concession d'usines hydrauliques.

Un décret du ministère des travaux publics en date du 30 juillet 1920, porte règlement d'administration pubilque pour l'exécution de la loi du 16 octobre 1919, en ce qui concerne la forme et la procédure d'instruction des demandes de concessions d'usines hydrauliques sur les cours d'eau et les lacs, l'instruction des projets et leur approbation ainsi que la forme des enquêtes relatives à l'établissement des servitudes (1) :

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics et du ministre de l'agriculture.

Vu la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, et en particulier l'article 28 portant que des règlements d'administration publique détermineront, notamment :

. . . . . .

« 4° La forme des demandes ainsi que les documents justificatifs et les plans qui doivent y être annexés;

« 5° La forme de l'instruction des projets et de leur approbation;

« 6° La forme des différentes enquêtes relatives à la concession des entreprises et à l'établissement des servi-

(1) La loi du 16 octobre 1919 a été publiée dans *l'Electricien* du 15 novembre 1919.

tudes prévues par la loi. Ces enquêtes doivent obligatoirement comprendre, en cas de concession, la consultation des conseils généraux des départements sur lesquels s'étend le périmètre de la concession ou des commissions départementales, à qui délégation, soit générale, soit spéciale, pourra être conférée à cet effet; le délai dans lequel ces assemblées doivent formuler leur avis »;

Vu l'article 32 de la loi du 16 octobre 1919 et notamment le paragraphe 1er ainsi conçu : « Les décrets portant règlement d'administration publique, les décrets approuvant une concession ou accordant une autorisation, ainsi que tous autres pris en application de la présente loi, seront rendus sur le rapport et le contreseing du ministre des travaux publics. Les décrets portant règlement d'administration publique et les décrets approuvant une concession sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public seront, en outre, contresignés par le ministre de l'agriculture »;

Vu l'avis du comité consultatif des forces hydrauliques en date du 29 avril 1920;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

CHAPITRE Ier

Forme et instruction des demandes.

Art. 1er. — Les travaux d'établissement des usines hydrauliques utilisant l'énergie des cours d'eau et des lacs, qui, aux termes de l'article 2 de la loi du 16 octobre 1919, seront placées sous le régime de la concession, donnent lieu à une instruction et à une enquêtre préalables dans les formes ci-après.

Art. 2. — Toute demande de concession d'usine hydraulique est adressée au ministre des travaux publics en deux exemplaires, dont un sur timbre.

S'il s'agit de cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public, l'exemplaire sur papier libre est transmis immédiatement par le ministre des travaux publics au ministre de l'agriculture.

Art. 3. — Le demande énonce : 1° les noms des cours d'eau et ceux des départements et des communes sur lesquels les ouvrages doivent être établis ou faire sentir leurs effets; 2° les établissements hydrauliques placés immédiatement en amont et en aval; 3° l'objet principal de l'entreprise; 4° la durée probable des travaux; 5° la durée de la concession demandée.

Art. 4. — La demande est accompagnée d'un dossier comprenant :

1° Un extrait de carte à l'échelle de 1/50, 000e ou de 1/80,000e de la région où doit se faire l'entreprise;

2 Un plan sommaire des lieux et des ouvrages projetés;

3° Le profil en long de la section du cours d'eau intéressée par les travaux, ainsi que celui de la dérivation;

4° Une note indiquant, avec calculs à l'appui, la puissance maximum et la puissance normale de la chute;

5° Un mémoire descriptif indiquant : *a*) les dispositions principales des ouvrages les plus importants et les changements présumés que l'exécution des travaux et l'exploitation de l'usine pourront apporter au niveau et au régime des eaux, soit en amont, soit en aval; *b*) l'évaluation sommaire des dépenses d'établissement, ainsi que celle des dépenses et des recettes d'exploitation;

6° Les accords qui peuvent déjà être intervenus entre les demandeurs et les collectivités visées à l'article 10, paragraphe 6 de la loi du 16 octobre 1919, soit au point de vue financier, soit à celui des réserves en eaux et en force, ainsi que les accords qui peuvent déjà être conclus en vue des réparations en nature prévues à l'article 6 de la même loi pour le payement des droits exercés ou non;

7° S'il y a lieu, un projet de tarif maximum des prix à percevoir par l'exploitant pour la vente de l'énergie

8° Une note précisant les capacités techniques et financières du demandeur et justifiant qu'il remplit les conditions de nationalité prescrites par l'article 26 de la loi du 16 octobre 1919

9° Au cas où le demandeur entend bénéficier des dispositions de l'article 7 de la loi du 16 octobre 1919, une note exposant les motifs et indiquant le chiffre de la subvention ou de l'avance sollicitée.

Art. 5. — Dans les huit jours, au plus tard, qui suivent l'enregistrement de la demande, le ministre en accuse réception; il la transmet à l'ingénieur en chef chargé, sous l'autorité du ministre des travaux publics et du ministre de l'agriculture pour ce qui concerne leurs attributions respectives, du service des forces hydrauliques dans le ou les départements sur lesquels les ouvrages doivent être établis.

Si plusieurs services d'ingénieur en chef sont intéressés, le ministre désigne celui qui sera confié à l'instruction de l'affaire et en avise le demandeur.

Art. 6. — Dans le délai maximum d'un mois, l'ingénieur en chef procède à l'examen de la demande et fait connaître son avis motivé au ministre qui décide, après consultation du ministre de l'agriculture pour les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public, s'il y a lieu, ou non, de poursuivre l'instruction de l'affaire; le ministre avise de sa décision le demandeur ainsi que l'ingénieur en chef. Il en informe également le ministre de l'agriculture en lui communiquant, si l'usine est projetée sur un cours d'eau domanial, les éléments du dossier concernant les intérêts agricoles.

Art. 7. — Si le ministre décide de poursuivre l'instruction de l'affaire et dès réception de l'avis du ministre, l'ingénieur en chef invite le demandeur, en la forme administrative, à compléter le dossier par la production, en double expédition, des dessins des principaux ouvrages, ainsi que de tous renseignements techniques et calculs justificatifs à l'appui, et à présenter un cahier des charges conforme au cahier des charges type contenant, notamment, les propositions du demandeur relatives aux réserves en eau et en force visées à l'article 10, 6° de la loi du 16 octobre 1919, et à la quantité d'énergie à laisser dans le ou les départements riverains en application de l'article 10, 7° de ladite loi. Le demandeur fera également connaître s'il sollicite la déclaration d'utilité publique, pour l'occupation des propriétés privées dans les cas autres que ceux prévus à l'article 4 de la loi du 16 octobre 1919. L'ingénieur en chef lui indique en outre, le cas échéant, suivant la nature de l'affaire, les autres pièces à fournir parmi celles qui seront déterminées par un arrêté général du ministre. L'ensemble de ces documents doit être produit dans le délai de deux mois, sauf prolongation justifiée par des circonstances exceptionnelles et accordée par le ministre,

sur la demande de l'intéressé, après avis de l'ingénieur en chef.

Si, à l'expiration du délai imparti, les documents désignés n'ont pas été fournis, l'ingénieur en chef avise le demandeur que l'affaire est classée sans suite; il en rend compte au ministre qui en informe le ministre de l'agriculture. La demande ne peut être reprise qu'en recommençant les formalités prescrites par les articles qui précèdent.

Lorsque le dossier est complété dans les délais fixés, l'ingénieur en chef le transmet au ministre, dans la quinzaine qui suit la réception des pièces, il y joint ses propositions motivées en ce qui touche la mise à l'enquête.

En cas de demandes concurrentes, intéressant une même section de cours d'eau, l'ingénieur en chef indique la demande qu'il estime devoir être retenue comme assurant, notamment, la meilleure utilisation des eaux et précise les raisons qui lui paraissent justifier ce choix.

Art. 8. — Dès la réception du dossier et des propositions de l'ingénieur en chef, le ministre, si les travaux intéressent un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public, transmet une expédition du dossier au ministre de l'agriculture, pour avis, en ce qui concerne, notamment, l'influence des travaux projetés sur l'aménagement général du bassin ainsi que sur les réserves à faire en vue de sauvegarder les intérêts ressortissant à son département.

Le ministre provoque ensuite l'avis du comité consultatif des forces hydrauliques et décide, sur le vu de cet avis, si la demande doit, ou non, être mise à l'enquête. Il notifie sa décision au demandeur et en informe le ministre de l'agriculture et l'ingénieur en chef en prescrivant à celui-ci d'ouvrir l'enquête ainsi que les conférences.

Si le demandeur sollicite une contribution financière de l'Etat par application de la loi du 16 octobre 1919, le ministre consulte le ministre des finances.

Art. 9. — L'ingénieur en chef fait aussitôt procéder par l'intermédiaire des maires à l'affichage de la demande de concession dans les communes riveraines du cours d'eau depuis la limite en amont du remous jusqu'à l'extrémité aval du canal de fuite. Il invite immédiatement le demandeur, en la forme administrative, à fournir les dossiers nécessaires à l'enquête et aux conférences avec les divers services intéressés.

Si les ouvrages sont compris dans le rayon myriamétrique d'une enceinte fortifiée, et si les modifications au régime des eaux sont de nature à exercer une influence sur les inondations défensises, il est procédé à l'instruction suivant les règles édictées par les lois et décrets sur les travaux mixtes.

L'ingénieur en chef fixe la composition des dossiers d'après la nature de l'affaire, en se conformant aux indications de l'arrêté général prévu au premier paragraphe de l'article 7. Ces dossiers doivent être fournis dans un délai de trois mois. Faute de quoi et sauf prorogation accordée par le ministre, l'affaire est classée sans suite, dans les conditions prévues à l'article 7.

Aussitôt qu'il a reçu les dossiers, l'ingénieur en chef ouvre les conférences avec le service de la navigation et celui des inondations, le service hydraulique et celui du génie rural et, s'il y a lieu, avec les autres services intéressés. Les services appelés en conférence doivent formuler leurs conclusions au plus tard dans le mois qui suit la clôture de l'enquête ; faute de quoi ils sont considérés comme acquiesçant sans réserve au projet qui leur a été soumis.

Huit jours au plus tard après l'expiration du délai susindiqué, l'ingénieur en chef clôt les conférences.

Art. 10. — Dans chacun des départements sur lesquels doivent s'étendre les travaux, un arrêté du préfet, rendu sur la proposition de l'ingénieur en chef, ouvre une enquête de quinze jours; cet arrêté fixe la date de l'ouverture de l'enquête, les localités où elle est ouverte, la composition de la commission d'enquête, le lieu de ses réunions et nomme son président.

L'enquête est ouverte dans toutes les communes riveraines du cours d'eau, depuis la limite amont du remous jusqu'à l'extrémité aval du canal de fuite.

Si les communes appartiennent à plusieurs départements, les préfets se concertent pour prescrire l'ouverture de l'enquête dans leurs départements respectifs. Si l'établissement ou l'exploitation de l'usine paraît de nature à étendre ses effets dans les communes riveraines autres que celles ci-dessus désignées, l'arrêté du préfet pourra prescrite le dépôt à la mairie d'un dossier réduit comprenant une notice explicative, un plan et un registre destinés à recevoir les observations. Les arrêtés ouvrant l'enquête seront annoncés à son de trompe ou de caisse et affichés à la mairie; il sera justifié de ces formalités par un certificat du maire.

L'ouverture de l'enquête doit avoir lieu au plus tard un mois après l'expiration du délai imparti, par l'article 9 ci-dessus pour la production des dossiers à l'ingénieur en chef. Avis en est donné par le préfet aux chambres de commerce, d'agriculture, et le cas échéant, aux chambres consultatives des arts et manufactures dans les circonscriptions desquelles doivent être exécutés les travaux projetés, ainsi qu'au président de la commission départementale des sites et monuments naturels de caractère artistique.

Art. 11. — Chaque commission d'enquête se compose de trois membres au moins et de sept au plus, choisis parmi les personnes spécialement qualifiées et notamment parmi les agriculteurs industriels et ingénieurs de la région.

Art. 12. — Quinze jours au plus tard après la date fixée pour l'ouverture de l'enquête, l'ingénieur en chef fait procéder à la visite des lieux par l'ingénieur chargé de l'instruction.

Celui-ci annonce son arrivée aux maires des diverses communes intéressées, avec invitation de donner à cet avis la publicité nécessaire.

Il prévient directement le demandeur, les présidents ou directeurs des divers syndicats ou associations syndicales intéressées, le président de la commission départementale des sites et monuments naturels de caractère artistique, les principaux usagers du cours d'eau et toutes autres personnes dont la présence lui paraît utile et pour lesquelles il juge cet avertissement direct nécessaire.

L'avis de la visite de l'ingénieur est, par les soins du maire, publié à son de trompe ou de caisse et affiché au lieu ordinaire d'affichage des actes administratifs. Ces formalités doivent être remplies au moins huit jours avant la date fixée pour la visite de l'ingénieur. L'accomplissement en est certifié par les maires des communes où elles ont été prescrites.

Art. 13. — L'ingénieur procède à la visite des lieux en présence des maires ou de leurs représentants et des intéressés ou de leurs mandataires.

Il dresse, séance tenante, un procès-verbal indiquant l'état détaillé des lieux, les repères adoptés, le périmètr de la concession, les renseignements recueillis, les résultat des expériences faites; il y ajoute les observations produites et il y mentionne les conventions amiables qui auraient pu intervenir entre le demandeur et les intéressés à l'occasion de la suppression de droits à l'usage de l'eau exercès ou non.

Lecture de ce procès-verbal est donnée aux personnes présentes qui sont invitées à le signer et à y insérer sommairement leurs observations si elles le jugent convenable.

Art. 14.— Le projet, avec un extrait du cahier des charges, ainsi que les registres destinés à recevoir les observations auxquelles peut donner lieu l'entreprise projetée, restent déposés, pendant le délai de quinze jours prévu à l'article 10, à la mairie de chacune des communes dans lesquelles l'enquête a été ouverte.

Art. 15. — Dans les dix jours qui suivent l'expiration du délai fixé par l'article 14 ci-dessus, la commission d'enquête se réunit dans chaque département, sur la convocation du préfet. Elle entend les ingénieurs dans l'exposé de l'affaire et le demandeur dans ses observations; elle recueille, auprès de toute personne qu'elle juge utile de consulter, les renseignements dont elle croit avoir besoin. Elle examine les déclarations consignées aux registres de l'enquête et donne son avis tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les diverses questions posées par l'administration ou soulevées au cours de l'enquête.

Ces diverses opérations, dont il est dressé procès-verbal, doivent être terminées dans un délai de huit jours.

Aussitôt que le procès-verbal de la commission d'enquête est clos, et au plus tard à l'expiration du délai de huit jours ci-dessus fixé, le président de la commission adresse ce procès-verbal, avec le registre et les autres pièces de l'enquête, au préfet, qui transmet immédiatement le dossier, avec son avis, à l'ingénieur en chef.

Art. 16. — Dès l'ouverture de l'enquête et conformément aux articles 1er, 2 et 8, 6° de la loi du 16 octobre 19 , il est procédé, par les soins des préfets intéressés, à consultation des conseils généraux des departemen sur lesquels s'étend le périmètre de la concession ou des commissions départementales, à qui délégation, soit générale, soit spéciale, pourra être conférée à cet effet. Le conseil général ou la commission départementale devra faire connaître son avis au cours de sa plus prochaine session, ordinaire ou extraordinaire, et au plus tard dans les deux mois à dater de la communication du dossier, tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les réserves en eau ou en force prévues au profit des services publics du département et la quantité d'énergie à laisser dans le département en application de l'article 10, 7° de la loi du 16 octobre 1919.

Les procès-verbaux des délibérations des chambres d'agriculture, des chambres de commerce et le cas échéant, des chambres consultatives des arts et manufactures dans les circonscriptions desquelles doivent être exécutés les travaux projetés doivent être adressés à l'ingénieur en chef dans le délai d'un mois, à dater de l'avis d'ouverture de l'enquête, qui leur a été directement notifié.

Art. 17. — L'ingénieur en chef, sur le vu des dossiers des enquêtes et conférences, invite le demandeur à faire connaître, dans un délai de quinze jours, ses observations et propositions, dans le cas où des objections ou conditions auraient été formulées, soit au cours de l'enquête, soit pendant l'instruction.

Art. 18. — Dans le délai de deux mois à compter de la clôture de l'enquête, l'ingénieur en chef transmet au ministre de dossier, avec son rapport en double expédition s'il s'agit d'une installation sur un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public. Il y joint le projet d'acte de concession et de cahier des charges avec l'acceptation du demandeur ou ses observations en cas de refus, ainsi que les adhésions des services intéressés ou leurs observations en cas de désaccord.

Art. 19. — Le ministre demande l'avis du ministre des finances; il demande aussi l'avis du ministre de l'agriculture et lui transmet une expédition du dossier si l'usine est projetée sur un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public; il consulte ensuite le comité consultatif des forces hydrauliques.

La déclaration d'utilité publique est prononcée, s'il y a lieu, et la concession accordée, sous le contreseing du ministère des travaux publics, soit par un décret en conseil d'Etat, soit par une loi en application des dispositions de l'article 3 de la loi du 16 octobre 1919.

Les lois ou les décrets instituant une concession et s'il y a lieu, déclarant l'utilité publique sur les cours d'eau qui ne font pas partie du domaine public sont en outre contresignés par le ministre de l'agriculture.

Les lois ou les décrets qui instituent une concession comportant une contribution financière de l'Etat par application de l'article 7 de la loi du 16 octobre 1919 sont, de plus, contresignés par le ministre des finances.

CHAPITRE II

Autorisation, approbation et récolement des travaux.

Art. 20. — Les projets d'exécution des ouvrages sont adressés à l'ingénieur en chef compétent, en trois exemplaires au moins, ou en plus grand nombre s'il le juge utile pour accélérer l'instruction.

Art. 21. — L'ingénieur en chef ouvre les conférences réglementaires avec les services intéressés: il notifie au concessionnaire les conclusions de ces conférences.

Si le concessionnaire souscrit à ces conclusions, l'ingénieur en chef autorise l'exécution des travaux.

S'il refuse d'y adhérer, l'ingénieur en chef adresse immédiatement, avec les explications nécessaires, le dossier au ministre des travaux publics, qui statue définitivement après avis du comité consultatif des forces hydrauliques.

Art. 22. — Doivent être soumis directement à l'approbation du ministre les ouvrages pour lesquels cette approbation est spécialement prévue par le cahier des charges.

Art. 23. — Si le ministre n'a pas fait connaître sa réponse dans le délai de six mois, ou l'ingénieur en chef dans le délai de trois mois, suivant les cas, l'approbation sera réputée donnée et le concessionnaire pourra exécuter les ouvrages à condition d'en aviser au préalable l'ingénieur en chef et sous réserve de l'application des dispositions du cahier des charges.

Art. 24. — Avant la mise en exploitation de l'usine, il est procédé au récolement des travaux. L'ingénieur en

chef fixe la date de cette opération à laquelle il convoque les intéressés ainsi que les représentants des services locaux.

S'il résulte du récolement que les travaux exécutés sont conformes aux dispositions autorisées, le procès-verbal en est aussitôt dressé en trois expéditions, destinées l'une au ministre des travaux publics, la seconde aux archives de la préfecture et la troisième au concessionnaire

Une expédition supplémentaire doit être dressée pour être remise au ministre de l'agriculture lorsque les travaux ont été exécutés sur un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

Si les travaux ne sont pas conformes aux dispositions autorisées, le procès-berbal est transmis au ministre des travaux publics qui statue sur les mesures à prendre d'accord avec le ministre de l'agriculture sur les cours d'eau ne faisant par partie du domaine public.

Art. 25. — Aucun travail modifiant celles des dispositions des ouvrages qui ont fait l'objet de l'autorisation ou de l'approbation administrative ne peut être exécutée postérieurement au procès-verbal de récolement sans l'accomplissement des formalités prévues au présent chapitre.

CHAPITRE III

Etablissements de servitudes. — Acquisitions de terrains,

Art. 26. — L'enquête pour l'établissement des servitudes prévues à l'article 4, 1° et 2°, de la loi du 17 octobre 1919, a lieu sur un plan parcellaire indiquant toutes les propriétés comprises dans le périmètre de la concession et atteintes par lesdites servitudes, avec tous renseignements nécessaires pour bien préciser la nature et l'étendue des sujétions qui en résultent.

Le plan des propriétés frappées de ces servitudes mentionnant les noms des propriétaires tels qu'ils sont inscrits sur les matrices des rôles, reste déposé pendant huit jours à la mairie de la commune où les propriétés sont situées. Avertissement de l'ouverture de l'enquête est donnée collectivement aux intéressés par voie d'affichage à la mairie. Notification directe des travaux projetés, est, en outre, donnée par la voie administrative aux intéressés.

Le maire certifie les notifications et affiches, il mentionne dans un procès-verbal, les réclamations et déclarations qui lui sont faites verbalement et y annexe celles qui lui sont adressées par écrit.

A l'expiration du délai de huitaine, un commissaire enquêteur nommé par le préfet, reçoit les observations et appelle, s'il le juge convenable, les propriétaires intéressés. Le commissaire signe le procès-verbal d'enquête, y joint son avis motivé et remet immédiatement, avec toutes les pièces de l'instruction, le dossier au maire qui le transmet sans délai à l'ingénieur en chef.

Art. 27. — L'ingénieur en chef communique le dossier de l'enquête au concessionnaire qui peut s'il le juge utile et sous réserve de l'approbation du ministre des travaux publics, modifier le projet en vue de tenir compte des observations faites à l'enquête.

Si ces modifications frappent de servitude des propriétés nouvelles ou aggravent des servitudes antérieurement prévues, notification directe en est donnée par la voie administrative aux intéressés qui ont un délai de huit jours pour présenter leurs observations.

Le projet modifié ou non par le concessionnaire est adressé par l'ingénieur en chef au préfet qui prend un arrêté désignant les parcelles à occuper ou submerger en indiquant pour chacune d'elles sa contenance, sa nature, le nom du propriétaire tel qu'il est inscrit à la mairie des rôles et autorisant, au profit du concessionnaire, l'exercice des droits conférés par l'article 4 de la loi du 16 octobre 1919.

Cet arrêté est publié dans un des journaux de l'arrondissement, ou, à défaut, du département et affiché à la mairie par les soins du maire de la commune intéressée.

Si les propriétaires intéressés ont leur domicile réel dans l'arrondissement de la situation des biens, ou s'ils ont élu domicile dans cet arrondissement par une déclaration faite à la mairie de la commune où les biens sont situés, les extraits concernant chacun de ces propriétaires sont en outre notifiés à ce domicile à la diligence du concessionnaire, en la forme ordinaire des exploits. Dans le cas où le propriétaire intéressé n'aurait ni domicile réel, ni domicile élu dans l'arrondissement de la situation des biens, la notification de l'extrait sera faite en double copie au maire et au fermier, locataire, gardien ou régisseur de la propriété.

Art. 28. — Si les travaux projetés ont été déclarés d'utilité publique, il est procédé à l'enquête pour l'établissement des servitudes en même temps qu'à l'enquête prévue par le titre II de la loi du 3 mai 1841 et dans les mêmes formes.

CHAPITRE IV

Dispositions diverses.

Art. 29. — Lorsqu'une usine établie antérieurement à la loi du 16 octobre 1919, ou autorisée postérieurement à cette loi doit passer sous le régime de la concession, il n'est procédé ni à la visite des lieux, ni à l'enquête lorsque le changement de régime n'entraîne aucune modification dans la consistance de l'usine et qu'il ne doit pas être vendu d'énergie.

Il est procédé à l'enquête sans visite des lieux, lorsqu'il est nécessaire d'établir un cahier réglant les conditions dans lesquelles sera vendue l'énergie sans que la consistance de l'usine soit modifiée.

Il est procédé à toutes les formalités prévues au présent décret si la consistance de l'usine doit être modifiée.

Art. 30. — Les frais d'enquête, de notification et d'affichage exposés au cours de l'instruction des demandes de concession ou à l'occasion de l'établissement des servitudes, sont à la charge du concessionnaire.

Art. 31. — Sont abrogés le décret du 11 avril 1918, ainsi que toutes les autres dispositions réglementaires qui seraient contraires au présent décret.

Art. 32. — Le ministre des travaux publics et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 30 juillet 1920.

P. Deschanel.

Nous donnerons dans notre prochain numéro le décret indiquant les formes des demandes d'autorisation.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

++++++++++++++

LANTERNE ÉLECTRIQUE POUR VÉLOS ET MOTOS

Cette lanterne formant bloc comprend le générateur, la lampe et le réflecteur (fig. 1). Le générateur est formé d'un aimant permanent *a* entre les pièces polaires duquel tourne un induit *i*. Un petit collecteur *c* amène le courant soit à la lampe *f*, soit à la borne *b*, permettant ainsi la recharge d'accumulateurs, s'il y a lieu.

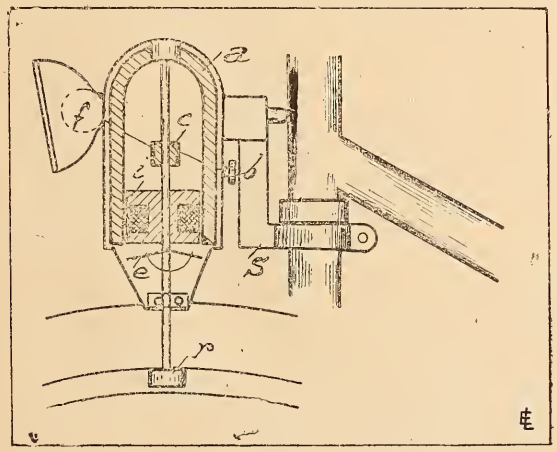


Fig. 1.

Le générateur est muni d'un régulateur magnétique *e* qui entre en action dès que le voltage dépasse les limites fixées (à partir de 10 km. à l'heure).

La lampe complète est montée sur une sorte de pivot *s* qui peut s'engager de telle façon que le pignon en caoutchouc *r* vienne frotter sur la jante. (Br. Fr. 500.695.).

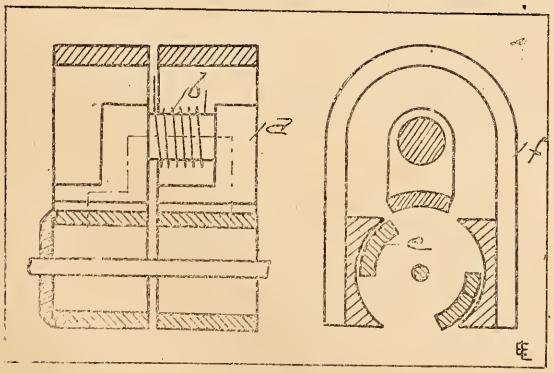


Fig. 2.

PERFECTIONNEMENTS DANS LES MACHINES MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES

Cette machine comporte (fig. 2) un inducteur fixe *f*, formé de deux aimants permanents, et un induit fixe *a* placé au-dessus des pièces polaires de l'aimant. Un système distributeur rotatif de flux *e*, produit des variations brusques du sens du flux dans le circuit magnétique induit, permettant ainsi d'obtenir un courant dans l'enroulement *b*. Br. Fr. 499.080).

FUSIBLES CALIBRÉS POUR LIMITER LA DÉPENSE DE COURANT DANS UN CIRCUIT.

Pour empêcher l'emploi illicite du courant électrique dans les hôtels, etc., des tableaux comportant un certain nombre de fusibles de différente valeur sont employés. Les conducteurs des différents circuits sont réunis (fig. 3) aux conducteurs d'alimentation par l'intermédiaire de fusibles placés entre les bornes 9 et 6, ces fusibles ayant un calibrage différent. Les bornes 8 destinées à recevoir les conducteurs d'alimentation peuvent recevoir une

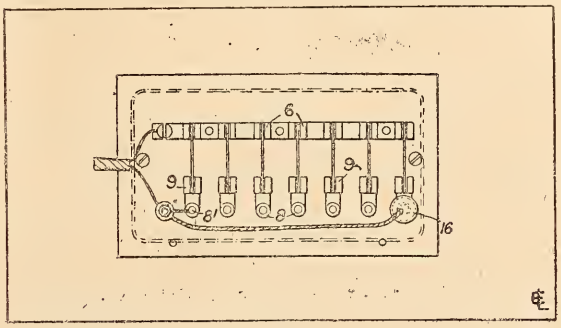


Fig. 3.

fiche 16. Une lampe est placée en 8'. Si un radiateur ou autre appareil doit être employé, le couvercle vitré du tableau est ouvert et la fiche est insérée dans une borne 8. (Br. Ang. 139.146.) M. M.

PERFECTIONNEMENTS AUX DISPOSITIFS DE PROTECTION DES LIGNES

Ce dispositif est destiné à être utilisé en plein air, de façon à pouvoir régler son fonctionnement à sec.

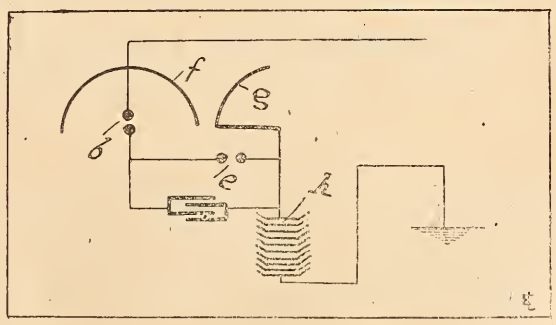


Fig. 4.

Il n'a pratiquement pas de constante de temps.

Il comporte (fig. 4), en principe, deux intervalles de décharge ou éclateurs en série *b* et *c*, dont l'un *b* est protégé contre les intempéries par l'organe *f*.

Cet organe contribue par sa forme à éteindre l'arc de *c*. (Br. Fr. 499.765.) P. M.

Nota. — *Les brevets français décrits ci-dessus peuvent être consultés à l'Office national, 292, faubourg Saint-Martin, qui en délivre copies imprimés.*

Amplificateur à 3 lampes à résistance.

Les résistances R et r sont constituées par un trait de crayon mou (fig. 1).

Cet ampli donne de bons résultats pour les longueurs d'ondes plus grandes que 600 mètres, régler sur la Tour, par exemple, et lampe par lampe en grattant les résistances ou en ajoutant du graphite pour les faire varier jusqu'à l'intensité de son optimum.

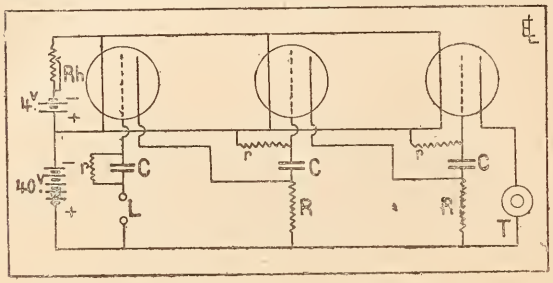


Fig. 1. — Légende : L, entrée du courant à amplifier; C, condensateur de 0,05 millièmes de microfarad; R, résistances de 60.000 à 80.000 ohms; *r*, résistances de 5 mégohms, — T, téléphone.

Il arrive, quelquefois, qu'on obtient une meilleure amplification en intervertissant les pôles chauffage ou plaque.

Construction d'un transformateur pour amplificateur à basse fréquence (fig. 2).

Sur une bobine en carton de dimensions ci-contre, enrouler environ 40 grammes de fil 6/100e de millimètre; cet enroulement fini, paraffiner soigneusement, puis bobiner 40 grammes de fil 10/100 qui constitue le primaire; sur le primaire, enrouler encore 30 grammes de 6/100.

Le primaire est l'enroulement en 1/10 et est compris entre les deux enroulements de 6/100 qui forment le secondaire.

Naturellement, les deux parties du secondaire sont connectées en série.

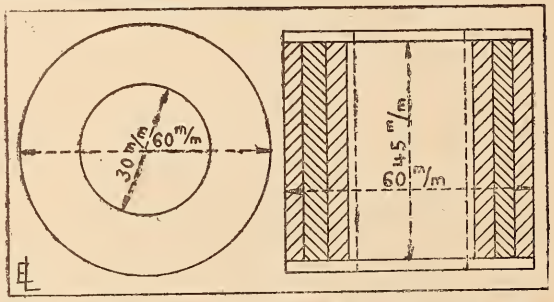


Fig. 2. — Les hachures inclinées à gauche représentent l'enroulement secondaire; celle à droite, le primaire.

Le circuit magnétique est formé de tôles de 0mm,3 d'épaisseur isolées par du papier fin et repliées en X dans le genre du circuit magnétique du petit transformateur « Ferrix ». La longueur des tôles est suffisante pour leur permettre de se rejoindre. Largeur des tôles, 2 centimètres.

Le schéma de montage a été donné plusieurs fois par l'*Electricien*. R. QUETIN, *électricien*.

L'ECOLE DE L'ELECTRICIEN

Solutions des problèmes proposés aux lecteurs

(*10e Série*).

Problème 37. — *Un circuit magnétique fermé constitué par un noyau en fer forgé, de section circulaire, a un diamètre de 53 millimètres et une longueur de 332 millimètres.*

On veut qu'un flux de 396.000 unités circule dans ce circuit.

On demande d'exprimer la réluctance du circuit magnétique ainsi constitué,

Solution.

Problème 37. — Nous avons vu que la réluctance $\mathcal{R}$ d'un circuit magnétique est donnée par la formule

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$$

La longueur *l* du circuit magnétique est donnée, c'est 332 millimètres.

La section S est :

$$S = \frac{3{,}14 \times 53^2}{4} = 2.206 \text{ millimètres carrés,}$$

soit 22 centimètres carrés.

Quant à la perméabilité, il faut la déterminer à l'aide du flux qu'on veut obtenir.

Le flux étant de $\Phi = 396.000$ unités, on a :

$$B = \frac{396.000}{22} = 18.000$$

En se reportant à la table du paragraphe 38, on trouve que la perméabilité correspondant à l'in-

duction 18.000 dans le cas du fer forgé est de 83. La réluctance du circuit magnétique est donc de :

$$\mathcal{R} = \frac{33,2}{83 \times 22}$$

Problème 38. — *Dans le problème précédent, quelle doit être la valeur de la force magnétomotrice pour que le flux ait la valeur indiquée?*

Solution.

Problème 38. — Le flux est donné par la formule :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{\frac{10\,l}{\mu s}}$$

et nous savons que $\frac{4\pi NI}{10}$ représente la force magnétomotrice F, de sorte que l'on a :

$$\Phi = \frac{F}{\frac{l}{\mu s}}$$

On obtient donc pour F, puisque $\Phi = BS$

$$F = \frac{B\,l}{\mu}$$

La valeur de la force magnétomotrice est alors de :

$$F = \frac{18.000 \times 33,2}{83} = 7.200$$

Problème 39. — *Dans un appareil comportan un circuit maynétique à entrefer, le flux dans le noyau de fer est de 200.000 unités C. G. S. On demande de calculer l'importance du flux perdu dans l'air si l'on suppose que le coefficient d'Hopkinson de cet appareil est de 1,2.*

Solution.

Problème 39. — Nous savons que l'on a pour le flux total dans un circuit magnétique :

$$\Phi = v\,\Phi_1$$

On a donc ici pour le flux total :

$$\Phi = 1,2 \times 200.000$$

c'est-à-dire :

$$\Phi = 240.000 \text{ unités.}$$

D'après $\Phi_2 = \Phi - \Phi_1$.

l'importance du flux perdu dans l'air sera :

$$\Phi_2 = 240.000 - 200.000 = 40.000 \text{ unités.}$$

Problème 40. — *Dans un circuit magnétique formé d'un noyau de fer de 1 mètre de longueur et de 1 décimètre carré de section, existe un entrefer de même section.*

Sachant que la perméabilité du fer employé est de 1.000, on demande de déterminer la longueur qu'il faut donner à l'entrefer pour que sa réluctance soit égale à celle du noyau de fer.

Solution.

Problème 40. — La réluctance étant exprimée par :

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu s},$$

la réluctance du noyau de fer est :

$$\frac{100}{1.000 \times 100} = \frac{1}{1.000}$$

La longueur de l'entrefer ou intervalle d'air est alors :

$$\frac{e}{s} = \frac{e}{100} = \frac{1}{1.000}$$

La longueur de cet entrefer est donc de :

$$e = \frac{1}{10} \text{ de centimètre, soit 1 millimètre (1).}$$

Problème 41. — *On veut soulever, à l'aide d'un électro-aimant, une charge de 100 kilos, en employant un noyau de fer dans lequel on veut que le flux ne soit pas supérieur à 200.000 unités.*

Quelle section faut-il donner au noyau de cet électro-aimant pour soulever la charge indiquée?

Solution.

Problème 41. — Dans le calcul de la force portante d'un électro-aimant, on a, comme nous avons vu :

$$P = \frac{B^2 S}{8\pi}$$

Lorsque l'on connaît le flux Φ, on a alors, d'après cela :

$$P = \frac{B\,\Phi}{8\pi}$$

c'est-à-dire pour la valeur de l'induction B :

$$B = 8\pi \times \frac{P}{\Phi}$$

Cette induction sera ici :

$$B = 8 \times 3,14 \times \frac{98.100.000}{200.000} = 12.310$$

La section à donner au noyau sera alors, d'après la relation :

$$S = \frac{\Phi}{B}$$

$$S = \frac{200.000}{12.310} = 16 \text{ centimètres carrés } 20.$$

R. Sivoine,

(1) On peut aussi remarquer que, puisque la perméabilité du fer est 1000 fois plus grande que celle de l'air, la longueur d'entrefer équivalente sera 1000 fois plus petite, c'est-à-dire de 0,1 centimètre ou 1 millimètre.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 128. — Ayant eu une magnéto à réparer j'ai dû pour la mettre en état, changer le condensateur pour la raison suivante : cette magnéto donnait très bien à la main, montée sur le moteur, au ralenti, elle allait de même, sitôt que l'on donnait au moteur une assez grande vitesse des ratés d'allumage se succédaient, au point d'arrêter la marche de celui-ci.

J'avais essayé le condensateur avant de le changer sur du courant continu 220 volts avec une lampe montée en série pour le charger et le décharger ensuite. Ses deux armatures n'étaient pas en court-circuit et il se chargeait et déchargeait normalement. Aussi je voudrais savoir :

1° Ce qu'il pouvait se produire dans ce condensateur pour qu'il ne marchât que sous faible vitesse de la magnéto.

2° s'il existe un appareil ou un procédé spécial capable de vérifier ou de déceler la présence de ce défaut (Explication détaillée si possible).

RÉPONSES

N° 104 R. — Suite à la question 104 et à la réponse 111, il me semble que le schéma ci-contre donnerait satisfaction à votre correspondant.

L'ensemble E. A. V. représente une armature de sonnerie et P le primaire du transformateur.

Au repos le courant alternatif ne traverse que l'enroulement de la bobine de droite de l'électro ; l'hystérésis du noyau et de l'armature, (en ne mettant que quelques tours de fil sur la bobine de droite), empêchent l'attraction de l'armature, et il n'y a en série avec le transformateur que la bobine de droite, de résistance négligeable ne gênant pas le fonctionnement normal de P.

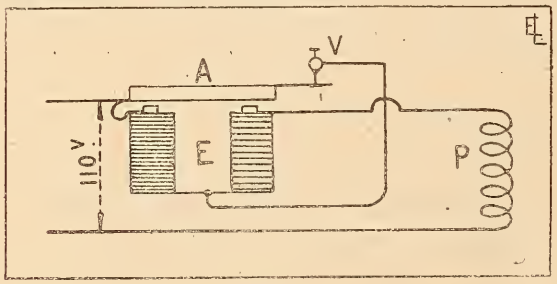


Fig. 1.

Lorsque la nature du courant change et qu'il est continu, l'armature est attirée, rompt le contact A. V. qui courte circuitait dans la bobine de gauche, et insère celle-ci en série dans le primaire du transformateur. Il suffit d'enrouler sur cette bobine de gauche un fil de résistance appropriée pour limiter le courant dans le primaire à une valeur non dangereuse pour celui-ci. Le tout pourra être réglé pour qu'au retour des choses à l'état normal sur alternatif, que l'électro lâche l'armature et que tout soit automatiquement en état et prêt à fonctionner.

N° 115 R. — Le montage des transformateurs triphasés en zig-zag consiste à placer les spires d'une phase du primaire en partie sur un des noyaux du transformateur et en partie sur le suivant, chaque phase du secondaire occupant un des noyaux : (voir figure).

. Les divers montages présentent les principaux avantages suivants :

Montage λ : plus facile de construction, tension moins élevée $(1/\sqrt{3})$. Avec secondaire en λ, deux tensions différentes : entre conducteurs et entre un conducteur et centre.

Montage Δ : le transformateur n'est pas hors de service en cas d'accident à une phase, il peut encore fonctionner à environ 2/3 de charge normale.

Préférable Δ λ : pour constance de tension avec charges non équilibrées.

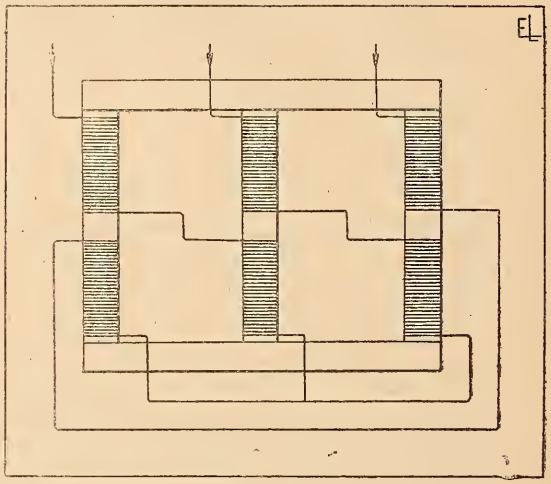


Fig. 2.

Montage λ/λλ (zig-zag) : donne approximativement mêmes résultats en ce qui concerne le réglage de la tension en conservant l'avantage du primaire en λ (fonctionne comme montage Δ par suite de l'action exercée sur le flux résultant, dans chacun des noyaux, par les courants secondaires appartenant à deux phases différentes).

(Nous publierons dans un prochain numéro une note sur ce sujet).

N° 116 R. — La formule qui a servi au calcul d'un rhéostat de démarrage pour moteur continu shunt peut servir pour moteur asynchrone triphasé (Voir *l'Electricien* n°s 1256, 1257 et 1258).

$$\frac{I^a}{I} = \sqrt[n]{\frac{r+x}{r}}$$

Ici r représente la résistance d'une phase, x la résistance intercalée par phase.

Mais pour obtenir I, il faut se reporter au diagramme d'Heyland et pour établir ce dernier, il est nécessaire de faire des mesures du moteur.

D'après Westinghouse, l'ampérage *approximatif* au rotor est :

Pour moteur de moins de 30 HP :

$$HP \times 3.$$

Pour moteur de plus de 30 HP :

$$\frac{HP}{3} + 80.$$

FORNARO.

Errata. — N° 1257, p. 318, *Usine des Vernes*, 3e alinéa, *lire* l'induit est bobiné en spirale.

Le Gérant : L. DE SOYE.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, V°.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1260. 15 Septembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.
Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien ;
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L. ;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat ;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens ;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique ;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways ;

MM.
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers ;
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat ;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin ;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique ;
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien ;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans ;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

LE LABORATOIRE DE LAUSANNE (*suite* [1]).

Différents montages du moteur monophasé à collecteur.

Dans la première partie de cette étude, l'auteur a décrit les installations générales du Laboratoire d'Electricité de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne. Il montre ici en particulier les différents montages du moteur monophasé à collecteur, d'autant plus intéressants, que ce moteur prend une extension importante.

Grâce à ce tableau et à ses bornes doubles dont sont munis tous les circuits, les 2 groupes 3 et 4 se prêtent à une foule d'essais sur lesquels nous ne pouvons insister : étude des alternateurs en générateur, isolés ou en parallèle, étude des moteurs synchrones, mesure des rendements par les méthodes connues, étude des échanges d'énergie entre alternateurs couplés, etc.

De plus les élèves disposent de quantités d'instruments de mesures, parmi lesquels l'oscillographe de Blondel tient une large place, ce merveilleux appareil qui permet de pénétrer et d'étudier le détail des phénomènes.

Groupe 5. — Il comprend 2 machines à courant continu de 2 kw. 125 volts, par leur tableau de couplage on peut réaliser divers groupements de modes de fonctionnement (V. fig. 5).

(1) Voir *l'Electricien* du 1er septembre 1920.

Groupe 7. — Il comprend un moteur triphasé 6 HP à induit à bague accouplé à une dynamo en dérivation et à pôles auxiliaires de 4 kw. Ce groupe, réversible, sert à l'étude des propriétés des machines d'induction marchant en moteur synchrone ou en générateurs asynchrones.

Groupes 6 *et* 8. — Les moteurs alternatifs à collecteur ont pris un gros essor depuis la traction électrique monophasée; il en existe de toutes sortes; aussi nous allons montrer les différents montages.

Groupe 6. — Il comprend un moteur monophasé à collecteur, du type Déri, de 3 HP à 1.500 tours et une machine à courant continu de 1,6 kw, 125 volts, shunt, et à pôles auxiliaires. Ce moteur appartient aux moteurs à répulsion (ou moteurs dans lesquels l'induit est parcouru par des courants dus à l'effet transformateur de l'inducteur qui est seul en relation avec la source).

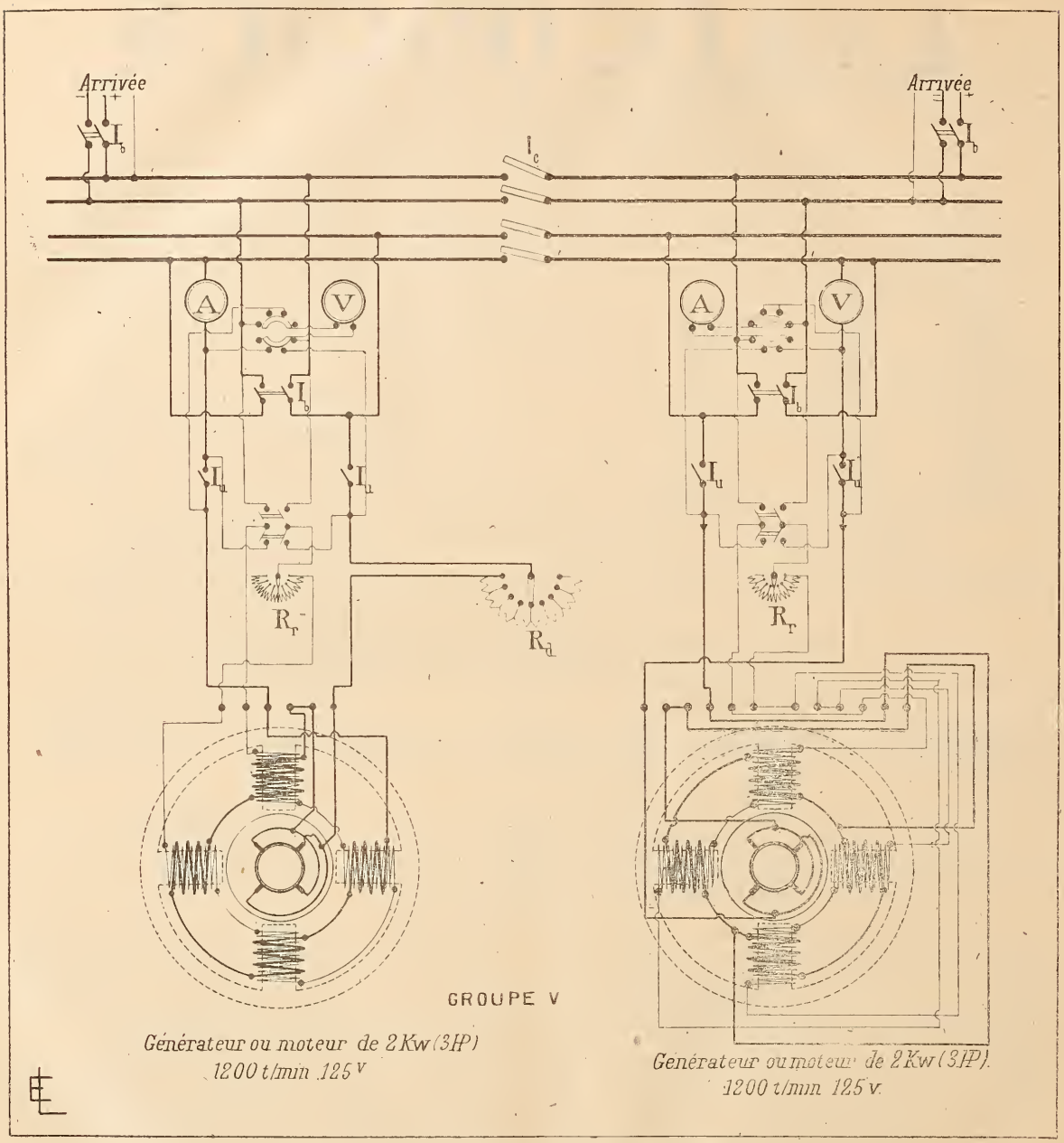


Fig. 5. — Schéma du tableau de couplage du groupe 5.

L'induit est donc alimenté indirectement et comme il y a proportionnalité entre courant inducteur et induit, ce moteur peut être appelé moteur série à alimentation indirecte. Pour produire un couple, il faut que les balais qui s'appuient sur le collecteur soient en court-circuit et décalés d'un certain angle, variable suivant le couple à développer, par rapport à l'axe des inducteurs. A calage fixe des balais, le moteur présente une caractéristique série (vitesse variable avec le couple) ; sa vitesse peut se régler par simple décalage des balais pour toute valeur du couple résis-

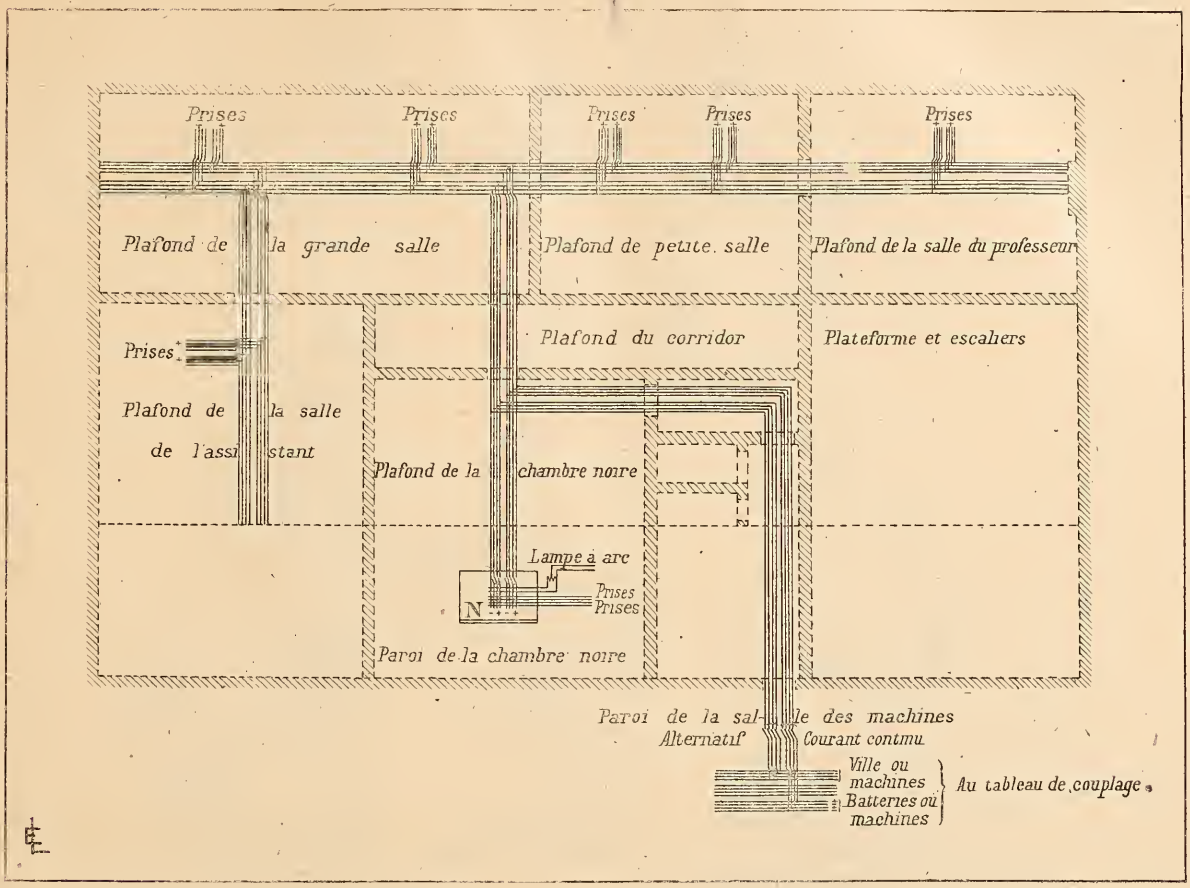


Fig. 6. — Réseau de distribution dans les salles.

tant. Son sens de rotation peut être inversé par changement dans le sens du déplacement des balais. Ces propriétés et surtout le fait de n'avoir aucune liaison directe de l'induit avec la source, font de cette machine un moteur excellent et très commode.

Groupe 8. — Il comprend 3 machines (fig. 7) au milieu se trouve une dynamo de 1,2 kw à 125 volts employée comme frein, à gauche est un moteur monophasé de 2 HP et à droite un moteur triphasé à collecteur de 2 HP.

Ces deux dernières machines méritent qu'on s'y arrête.

Le moteur monophasé présente cette particularité de pouvoir être couplé de façons très différentes qui en font autant de moteurs très nettement différents. Les couplages réalisables sont pour la plupart, ceux que l'on rencontre dans les moteurs de traction (V. fig. 8 à 11).

L'inducteur à entrefer constant porte 3 enroulements A B, C D, E F. Les 2 derniers sont coaxiaux et décalés d'un quart d'espace électrique (90° électriques) par rapport à l'enroulement A B. L'induit bobiné à la manière des induits des machines à courant continu porte un collecteur (commutateur) sur lequel reposent 3 paires de balais L*m*, G H, J K. Les balais L M et G H sont fixes et à angle droit ; les balais J K sont mobiles et figurent à l'intérieur du collecteur dans les schémas représentant les couplages.

Les 8 couplages possibles sont les suivants :

1° Fig. 8. — Les enroulements inducteurs C D et E F sont mis en série et branchés sur la source à 125 volts. L'enroulement inducteur A B est inutilisé. Les balais M M et G H sont levés et les balais J K en court-circuit. Ce moteur se meut dès que les balais J K sont décalés par rapport à l'axe des enroulements inducteurs C D et E F,

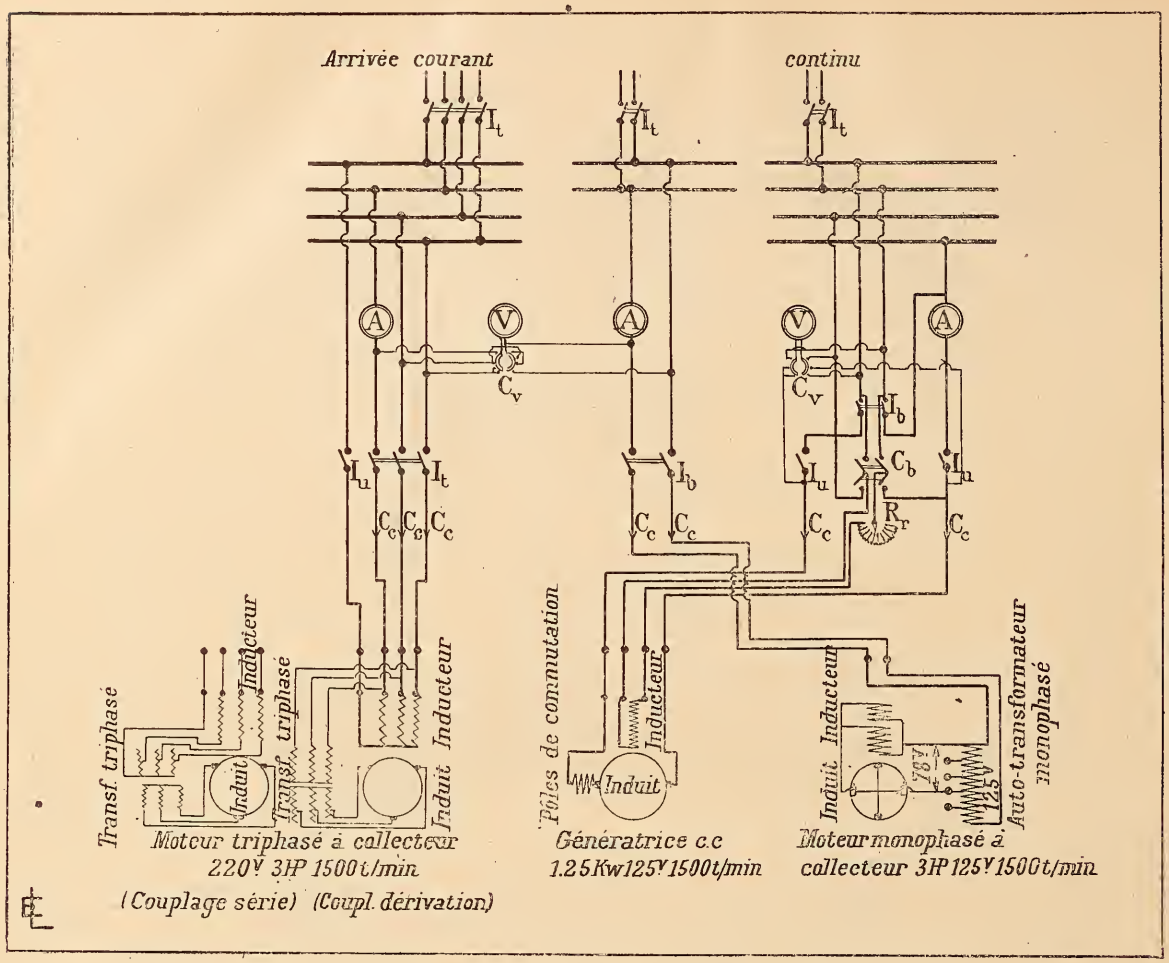


Fig. 7. — Schéma du tableau de couplage du groupe 8.

il fonctionne alors en moteur à répulsion ordinaire.

2° Fig. 9. — Le couplage de l'inducteur est le même, les balais G H sont fixes dans la position de l'axe C F; les balais J K sont mobiles et les balais L M sont levés. G et K d'une part, H et J de l'autre sont réunis en court-circuit. Le moteur fonctionne alors comme moteur à répulsion. D'où le réglage de la vitesse ou du couple est plus fin que dans le cas précédent.

3° Fig. 10. — L'inducteur A B, d'une part et C D et E F couplés en parallèle d'autre part, sont mis en série et branchés sur un auto transformateur abaisseur de tension ou ce qui revient au même, sur une source dont la tension puisse être ajustée.

Les balais G H et J K, en court-circuit sont maintenus dans la position de l'axe C F. Les balais L M sont levés. Il est alors facile de voir que l'enroulement A B excite l'induit sans y produire aucun courant. L'induit est alimenté indirectement par effet transformateur des enroulements C D et E F, et le couple qui prend naissance est dû à la réaction du courant induit par C D et E F sur le champ de A B. Le moteur marche comme moteur à répulsion à champ tournant elliptique. Il est connu sous le nom de moteur Atkinson.

4° Fig. 11. — L'inducteur A B d'une part et C D et E F couplés en parallèle d'autre part, sont mis en série, avec l'induit par l'intermédiaire des balais G J et H K maintenus dans la position de l'axe C F. Les balais L M sont levés. Les extrémités D F et A du circuit ainsi formé sont branchés sur un auto-transformateur réducteur ou directement aux bornes d'une source dont la tension peut être

rendue convenable. Il est facile de voir que le couple moteur prend naissance sous l'effet des courants que la source fournit directement à l'induit dans le champ d'excitation de l'enroulement A B. Les enroulements C D et E F ont pour mission de compenser la réaction transversale des courants de l'induit (diminution de la self-induction apparente, amélioration du facteur de puissance). Le moteur

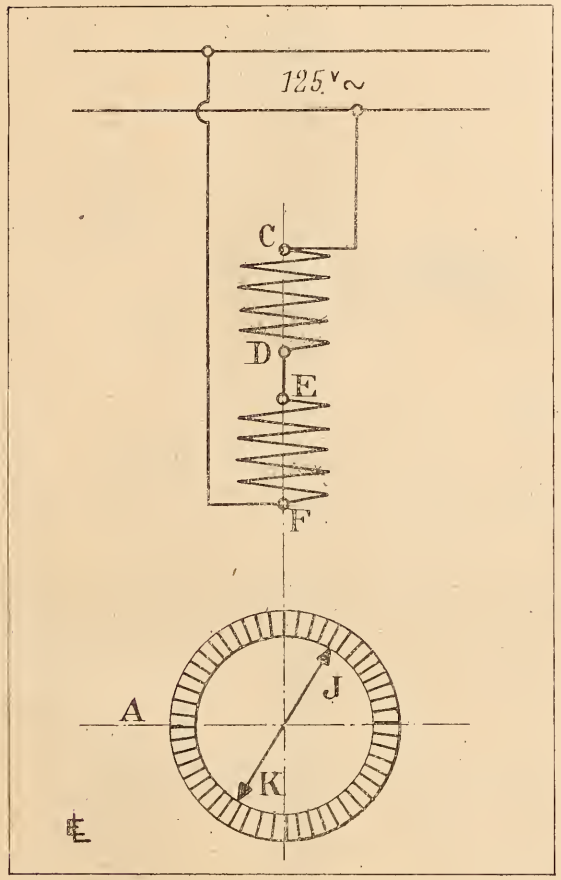


Fig. 8. — Moteur monophasé à collecteur. Fonctionnement en moteur à répulsion.

est à alimentation directe, c'est un moteur série compensé par circuit en série.

5° Fig. 12. — Un auto-transformateur est nécessaire dans ce cas. L'enroulement inducteur A B est mis en série avec l'induit par les balais G J et H K maintenus dans la position de l'axe C F. Ce premier circuit qui représente un moteur-série simple est alimenté par une partie de l'enroulement de l'auto-transformateur dont l'autre partie se ferme par D et F réunis sur les enroulements C D et E F couplés en parallèle. Le schéma est donc le même que précédemment avec en plus une prise intermédiaire entre G J et l'auto-transformateur. L'induit est alimenté directement par sa mise

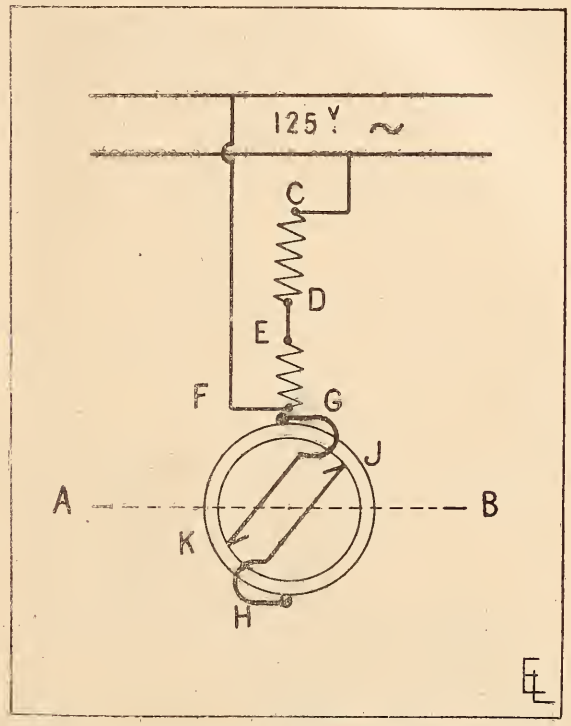


Fig. 9. — Fonctionnement en moteur à répulsion Déri.

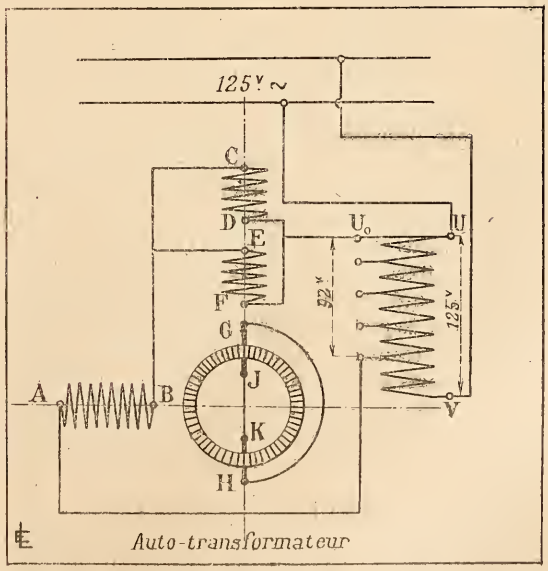


Fig. 10. — Fonctionnement en moteur à répulsion Atkinson.

en série sur la source avec l'enroulement d'excitation A B, mais il est aussi alimenté indirectement par l'effet, transformateur des enroulements C D et E F. Le moteur est dit à double alimentation ou moteur-série répulsion, ou encore, bien que cette propriété se rencontre aussi dans d'autres catégories, moteur à champ tournant elliptique.

6° Nous n'avons vu jusqu'ici que des moteurs excités par l'inducteur. Or l'excitation peut aussi être produite par l'induit. C'est ce qui a lieu dans le moteur de la figure 13. En le comparant avec la figure 12 on voit que l'enroulement d'excitation A

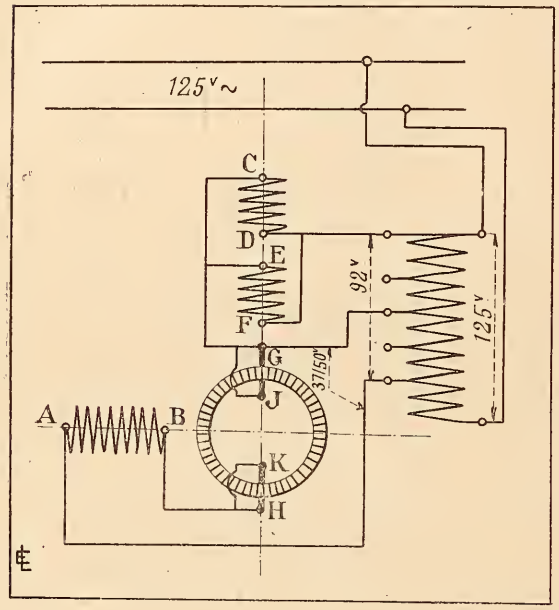


Fig. 11. — Fonctionnement en moteur série-compensé.

B de cette dernière est simplement remplacé par le circuit d'induit L M. Si donc, comme le montre la figure on couple les enroulements inducteurs C D et E F branchés en parallèle, en série avec l'induit, par les balais fixes L M et si l'on court circuite les balais fixes G H, J et K étant levés, on aura un moteur qui s'excite par l'induit suivant l'axe L M et dans lequel le courant moteur est produit par l'effet transformateur des enroulements C D et E F agissant comme primaires sur l'induit court-circuité en G H agissant comme secondaire.

Ce moteur est connu sous le nom de moteur répulsion compensé, ou moteur Latour-Winter-Eichberg.

7° Fig. 14. — Ici les enroulements C D et E F du stator sont en série entre eux et avec l'auto-transformateur sur la source. Le circuit d'excitation de l'induit L M est dérivé d'une partie de l'enroulement de l'auto-transformateur. Les balais G H sont court-circuités et J E sont levés. Le moteur est dit moteur Latour-Winter-Eichberg

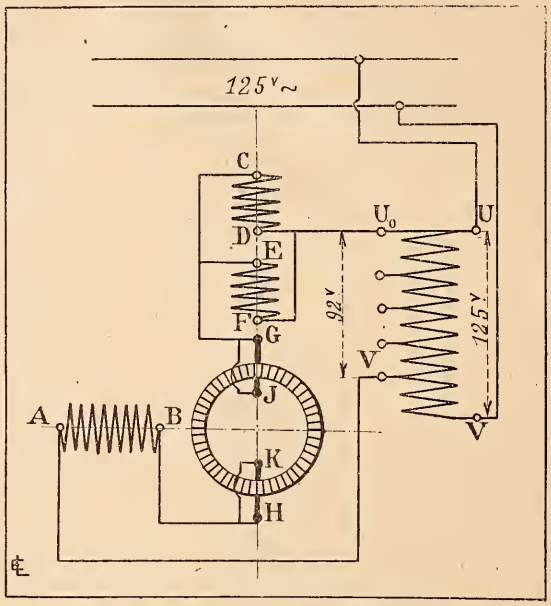


Fig. 12. — Moteur série-répulsion.

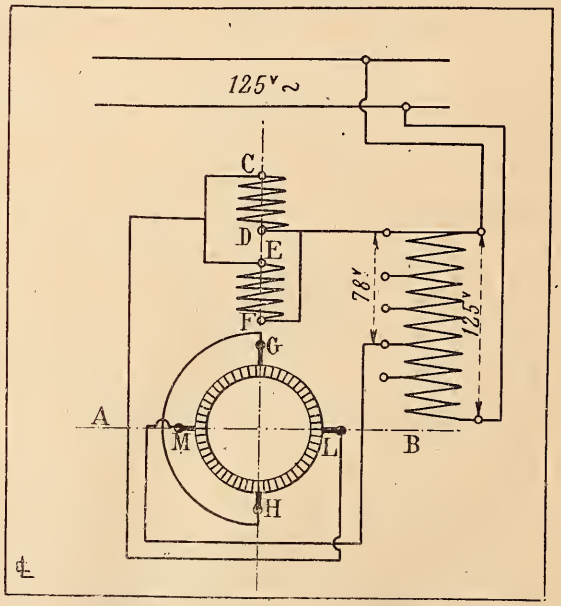


Fig. 13. — Moteur répulsion-compensé.

ou moteur répulsion compensé avec transformateur-série. Les propriétés ne diffèrent pas sensiblement sur celles du moteur précédent.

8° Le moteur est couplé comme l'indique la

figure 13 après que les contacts d'un court-circuiteur à force centrifuge, qui est en bout d'arbres, et auquel aboutissent 3 conducteurs

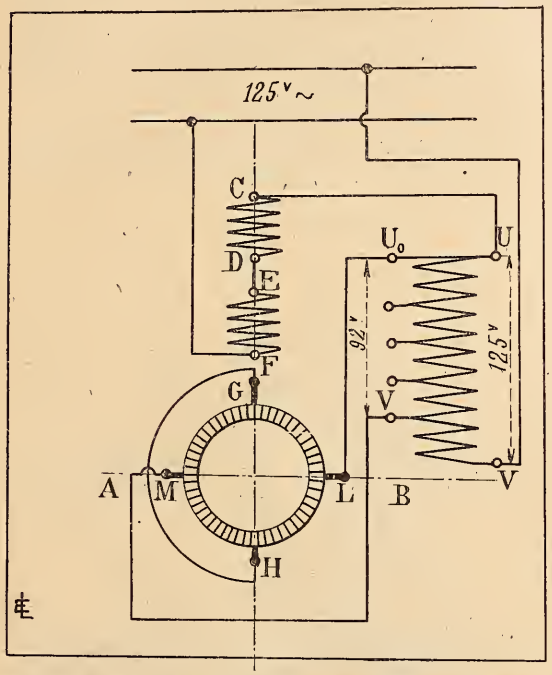


Fig. 14. — Moteur répulsion-compensé avec transformateur.

émanant de 3 points équidistants pris sur l'enroulement induit, ont été libérés, le moteur démarre en couplage répulsion ordinaire. Le court-circuiteur automatique met en court-circuit l'induit lorsque la vitesse de celui-ci est voisine de la vitesse du synchronisme. Les balais J K peuvent alors être levés et le moteur fonctionne en moteur d'induction monophasé ordinaire (caractéristique shunt).

Les phénomènes complexes dont ce moteur est le siège dans ses différents couplages, peuvent être saisis par l'oscillographe et des bobines d'exploration.

Les moteurs polyphasés à collecteurs ayant aussi une grande actualité sont aussi représentés. (V. fig. 7 à gauche). Ce moteur, à champ tournant, de 2 HP est accompagné d'un petit transformateur à rapport variable et d'un coupleur au moyen duquel l'induit peut être alimenté en série ou en dérivation. Dans le premier cas, le moteur présente toutes les propriétés d'un moteur série ordinaire; dans le deuxième cas, celles d'un moteur dérivation ordinaire.

Telles sont les principales dispositions dont dispose la Laboratoire d'Electricité de l'Université de Lausanne, en faisant abstraction d'un très grand nombre d'accessoires, comme transformateurs mono et triphasés, moteur à cage d'écureuil, commutatrices, freins-changeurs de fréquence, etc., etc.

On voit par là, que l'étudiant trouve à sa disposition pour l'étude tous les appareils et machines électriques diverses qu'il est susceptible de rencontrer dans l'industrie, et que ces installations matérielles lui permettent d'en saisir tous les détails, toutes leurs propriétés et particularités qu'il est si indispensable de connaître à l'heure actuelle.

J. Quinet,
Ingenieur E. S. E.

Accidents et dérangements aux machines

A COURANT CONTINU (*Suite* [1])

II. — ACCIDENTS D'ORIGINE MÉCANIQUE

A. Les paliers chauffent.
B. Production d'un choc en marche.
C. Production intense de bruit et de trépidation.

A. — Les paliers chauffent.

Cet accident peut provenir :

1° D'un défaut de montage. Un coussinet peut être trop serré, par exemple, il faudra alors lui donner le jeu convenable. Il peut se faire aussi que, dans le cas de coussinets en une seule pièce, l'alésage soit trop juste, ce qui peut amener le grippement.

2° De ce que certaines bagues ne tournent pas ou sont défectueuses.

3° De la mauvaise qualité de l'huile ou de la présence de poussières, limailles, etc., dans l'huile ou les paliers.

4° De l'insuffisance du jeu latéral ou d'un gauche dans le montage ou de ce que certaines parties de l'induit butent contre les paliers, etc.

5° D'un léger désaxage des coussinets, pouvant entraîner leur grippement. Ce désaxage peut être évité par l'emploi de paliers à rotule que le palier soit à chapeau ou non.

(1) Voir *l'Electricien* des 15 août et 1er septembre 1920.

6° De la mauvaise qualité du métal des coussinets, trop tendre ou trop dure.

7° Il peut arriver que le moteur ait été trop brusquement chargé, il faut alors, autant que possible, le faire tourner à vide pendant une quinzaine de minutes en lubrifiant abondamment. On charge alors au bout de ce temps.

Lorsqu'un palier chauffe, il n'est pas toujours nécessaire de le démonter. Il suffira, souvent, de décharger le moteur. On enlèvera le bouchon de vidange du palier, on versera de l'huile fraîche, jusqu'à ce qu'elle sorte propre par l'orifice de vidange (fig. 15). Si l'échauffement persiste, il y a alors grippement ou défaut de construction.

En cas de grippement, l'huile de ricin sera d'un bon secours en pleine marche. Sinon, le palier est alors à démonter pour procéder à la réparation ou au changement nécessaires.

8° De ce que la courroie est trop fortement tendue.

Le cas se présente fréquemment lorsque la machine est entraînée par courroie. Il est toujours de bonne pratique, une machine étant en place, de la faire tourner à vide après montage pour essayer si elle se comporte bien mécaniquement.

Si la courroie est trop tendue, le palier du côté de la poulie chauffera alors plus que celui du côté du collecteur. S'il en est ainsi, on agira sur les tendeurs des glissières.

B. — Production d'un choc en marche.

Cet accident peut provenir d'un balourd dans l'induit qui a été mal équilibré. C'est un défaut

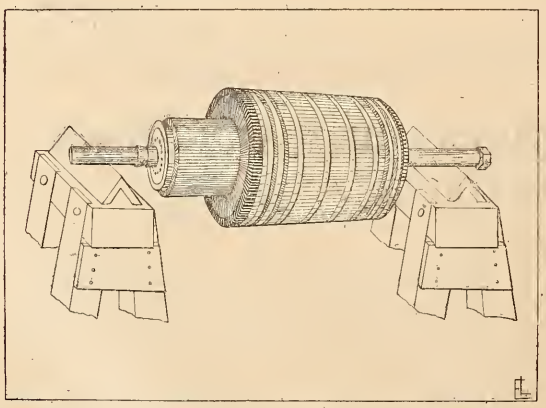


Fig. 12. — Equilibrage d'un induit par installation de fortune.

qu'il faut absolument corriger. Pour cela, l'induit doit être sorti pour procéder à son équilibrage.

Dans ce but, on disposera, de préférence, deux fers cornières, dont l'arrête extérieure ne présente pas d'aspérités. Ces fers sont choisis d'environ un mètre de longueur, suivant l'induit à équilibrer, on les dispose, par exemple, sur deux chevalets et de façon qu'ils soient dans un plan parfaitement horizontal, obtenu à l'aide d'un niveau de maçon.

L'induit étant disposé comme l'indique la figure ci-contre, on fait rouler l'induit qui, en s'arrêtant, prendra toujours la même position. Le balourd sera alors dans le bas de l'induit.

En disposant, à l'opposé, sur la flasque arrière, si l'on veut, une masse de plomb, de poids à déter-

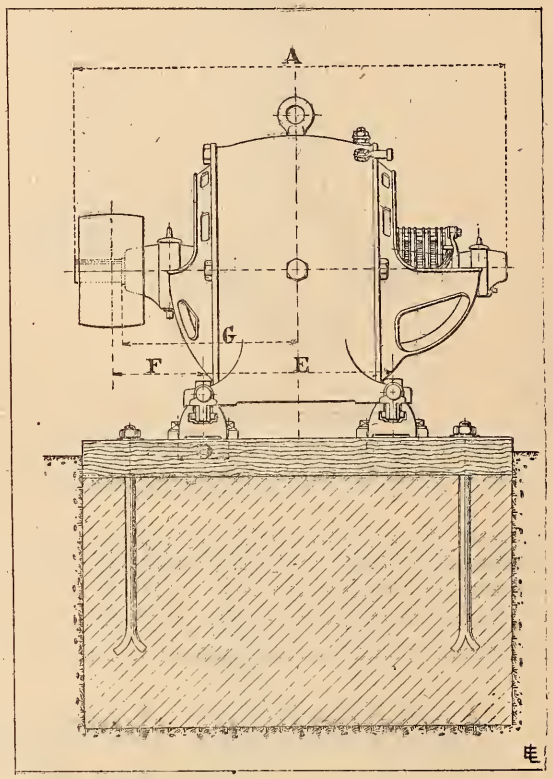


Fig. 13. — Fixation d'une génératrice on d'un moteur (profil).

miner après tâtonnements, suivant sa distance de l'axe de l'induit jusqu'à disparition du balourd, on la fixera à l'endroit choisi. On pourra remplacer la masse de plomb par une masse de fer du même poids fixée au même endroit.

Si le défaut ne provient pas de l'induit, on montera la poulie ou le manchon d'accouplement, suivant le cas, sur l'arbre et l'on procèdera, comme il vient d'être dit, en opérant sur la poulie ou le manchon.

Si les balais chantent, un tampon enduit légèrement de vaseline ou d'huile et promené latéralement sur le collecteur mettra fin à ce bruit.

C. — Production de bruit et de trépidation.

Le balourd produit un bruit caractéristique sourd.

Il peut y avoir aussi un jeu latéral exagéré, les butées de l'arbre produisent alors des chocs. La poulie peut aussi venir buter soit contre le palier, soit contre bâti, etc.

L'observation attentive des diverses parties de la machine, son entraînement à faible vitesse permettent de trouver le défaut.

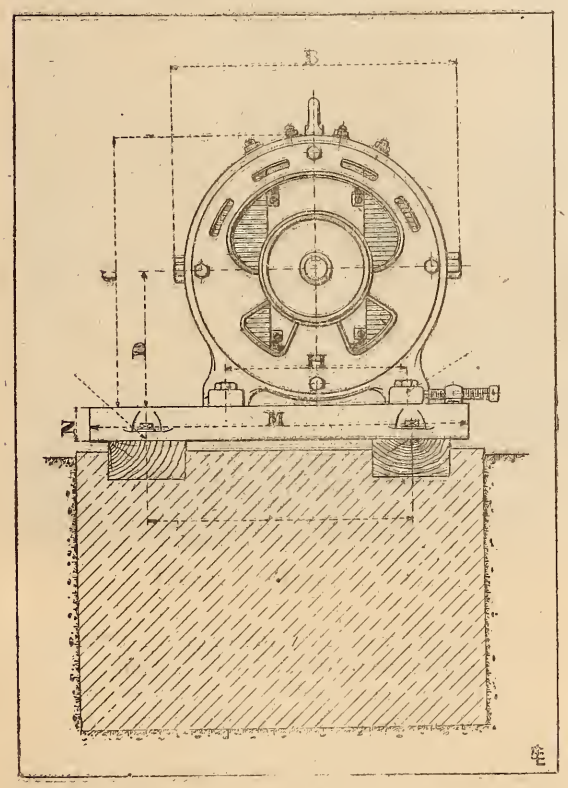


Fig. 14. — Même vue arrière de la fig. 13.

INSTALLATION, MISE EN MARCHE ET ENTRETIEN DES MACHINES

De la seule construction d'une machine ne dépend pas son bon fonctionnement. Son installation et son entretien assurent et maintiennent ce bon fonctionnement.

Dans bien des cas, un fonctionnement défectueux provient d'un défaut d'installation ou de montage. Dans d'autres, un entretien négligé met une bonne machine au même niveau qu'une machine de construction médiocre. Une bonne installation d'abord et un entretien suivi ensuite sont donc les facteurs d'un bon fonctionnement et d'un bon rendement d'une machine électrique.

INSTALLATION

Une dynamo doit être installée, toutes les fois que cela se peut, de préférence dans un local sec et frais, pourvu d'un éclairage abondant et d'une bonne aération.

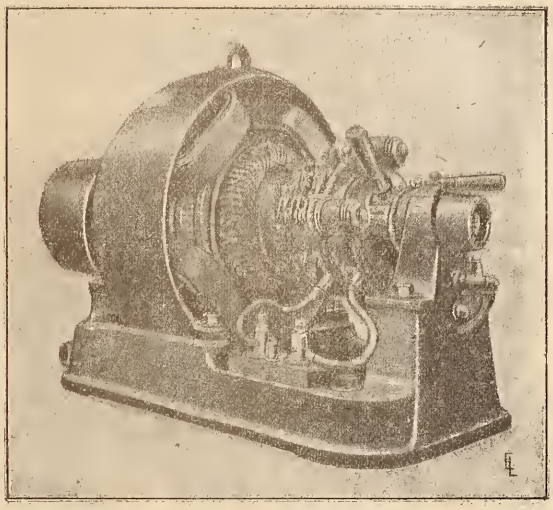


Fig 15. — Machine à demi-paliers démontables.

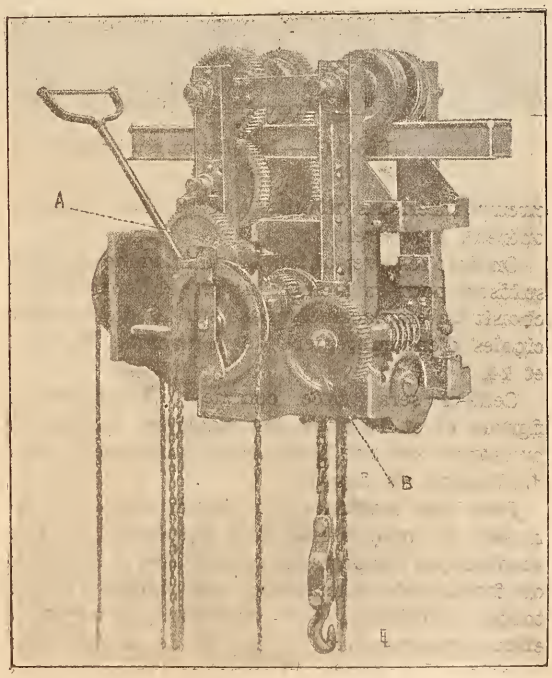


Fig. 16. — Exemple de commande par vis sans fin : A, moteur ; B, engrenage.

L'humidité est dangereuse parce que, comme nous l'avons vu, elle peut occasionner des courts-

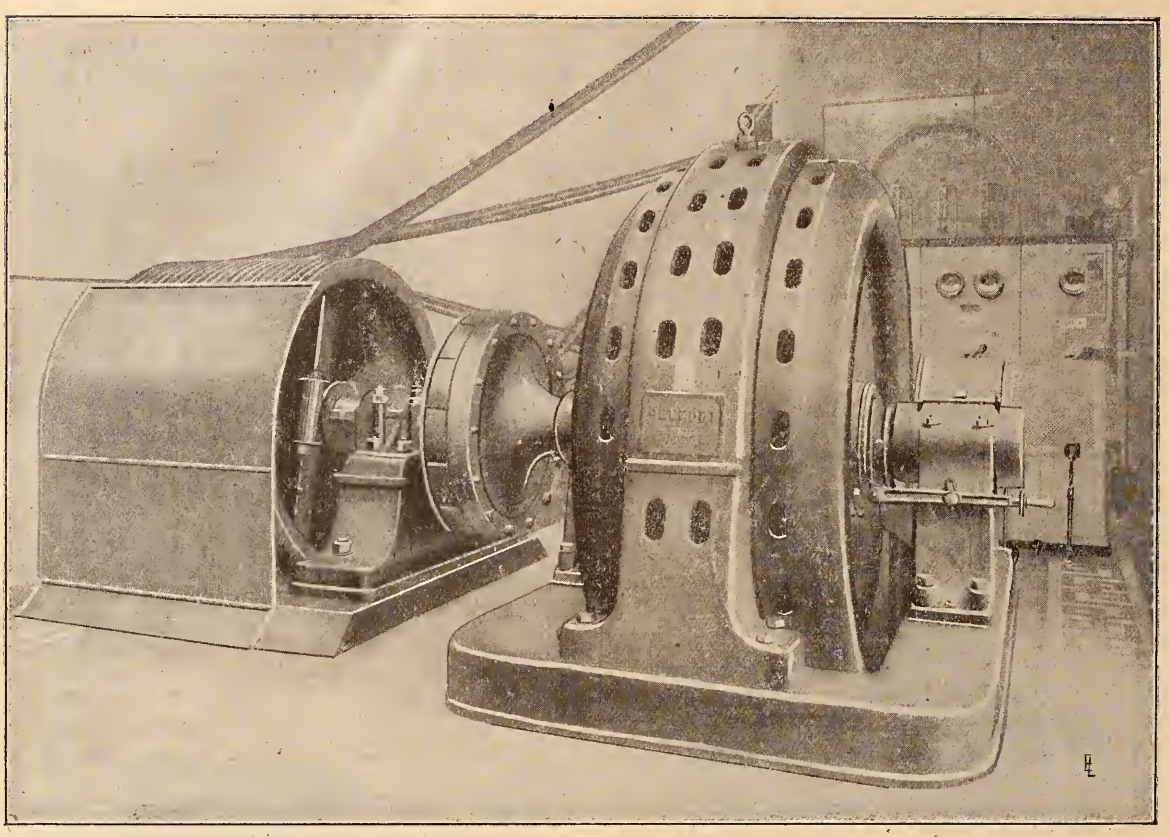


Fig. 17. — Installation d'un moteur de grande puissance. (*Société alsacienne. Belfort.*)

circuits intérieurs difficiles à rechercher et toujours onéreux à réparer.

On doit réserver autour de la machine un espace suffisant pour en faciliter la visite et l'entretien ; on choisit un emplacement basé sur les données principales d'encombrement de la machine, figures 13 et 14.

Celle-ci sera fixée comme le montrent les figures 13 et 14 pour des machines de moyenne puissance, sur une base solide, constituée comme l'indiquent ces figures.

Pour des machines plus importantes, un gros massif en maçonnerie doit empêcher de façon absolue, par l'importance de sa masse et les moyens de fixation de la machine, voir figures 17 et 18, toutes vibrations. Ces vibrations, peuvent, en effet, compromettre la sécurité de marche d'une machine. La figure 17 montre l'importance de cette question dans le cas de machines à grande puissance.

Dans le cas de commande par courroie, il faut éviter le plus possible la trop grande tension de cette dernière, de même que les petites poulies et les rapports de vitesse trop grands. La maximum de ce rapport, doit être de 7 ou 8 au plus.

Les paliers des moteurs ne doivent pas être soumis, à moins qu'ils ne soient prévus pour cela, à des poussées latérales, comme cela se présente dans le cas de commandes directes de pompes, ventilateurs, vis sans fin, etc., on doit toujours prévoir, dans ces cas, une butée spéciale, sur les engins à commander eux-mêmes, de façon à décharger le palier du moteur susceptible d'être soumis à une poussée latérale importante ou encore passée par l'intermédiaire d'engrenages comme dans le cas de la figure 16 ci-contre.

Le montage de la ligne partant de la génératrice ou allant au moteur doit être proprement exécuté et de façon à faciliter les recherches ultérieures en cas de dérangement.

L'installation et le montage terminés, on vérifie, avec le schéma de montage de préférence, l'exactitude des connexions. Des circuits montés de façon quelconque ou au juger, ont, en effet, souvent donné des mécomptes lors de la mise en marche.

Il est bon de munir chaque moteur d'un ampè-

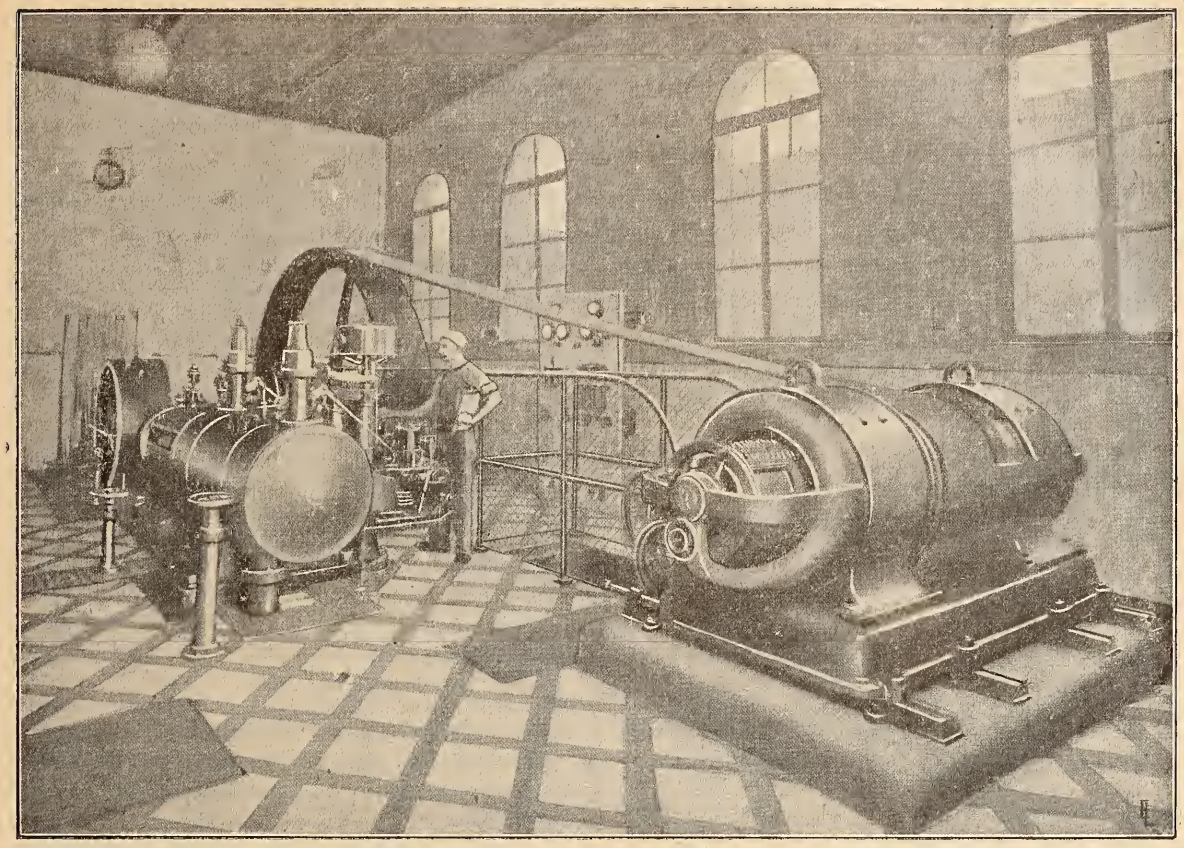


Fig. 18. — Installation d'une génératrice à commande par courroie. (*Ateliers de Saint-Ouen.*)

remètre, on est ainsi toujours renseigné sur son état de charge.

MISE EN MARCHE

Sur le point de faire la mise en marche, s'assurer que les paliers sont remplis d'huile, s'il n'y a pas de désserrage d'écrous, si la courroie a une tension suffisante, si les balais suffisamment rodés, portent normalement sur le collecteur, et, d'une façon générale, si tout est en ordre de marche.

Après s'être assuré que tout est au point, on entraîne d'abord la machine à vide lentement d'abord et on observe comment elle se comporte : si la courroie reste bien au milieu de sa poulie et n'a pas tendance à se déplacer latéralement, sans quoi on agirait convenablement sur les tendeurs des glissières ; s'il n'y a pas de vibrations, ni de bruit anormal. On accélère ensuite la vitesse de la machine jusqu'à obtention de la vitesse normale, après quoi on procède aux mêmes observations que ci-dessus.

Si la machine se comporte bien à cette vitesse, on pourra la charger progressivement, on s'assurera que les paliers ne chauffent pas dans ces conditions et la poulie elle-même, ce qui pourrait provenir, pour les paliers d'une trop grande tension de la courroie, pour la poulie, au contraire, d'un glissement de cette dernière par insuffisance de tension en charge.

C'est après qu'on aura la certitude qu'aucun des défauts considérés n'existe qu'on pourra laisser la machine assurer le service pour lequel elle est requise.

ENTRETIEN

L'entretien consistant à surveiller, à assurer la propreté et le fonctionnement d'une machine, doit être régulier et constant.

Collecteur.

Cet organe délicat doit être particulièrement surveillé et tenu constamment propre. Le noircissement ou la saleté d'un collecteur amènent la production d'étincelles à la longue faisant perdre

au collecteur son poli primitif; les lames se recouvrent de picottements, la résistance de contact des balais augmente, les étincelles se multiplient, il s'ensuit l'échauffement exagéré du collecteur et surtout de certaines lames, au point d'amener la fusion des soudures de fils à l'induit correspondant aux lames incriminées.

Comme nous l'avons dit précédemment, il faut veiller à ce que les balais portent convenablement sur le collecteur et en épousent la courbure On emploie pour cela le procédé de la toile émeri que nous avons déjà indiqué et dans les conditions indiquées par la figure 19 ci-contre.

Leur pression doit être telle que nous l'avons signalé, en réglant la tension des ressorts si les balais le permettent.

Ne pas attendre l'usure complète des charbons pour les remplacer.

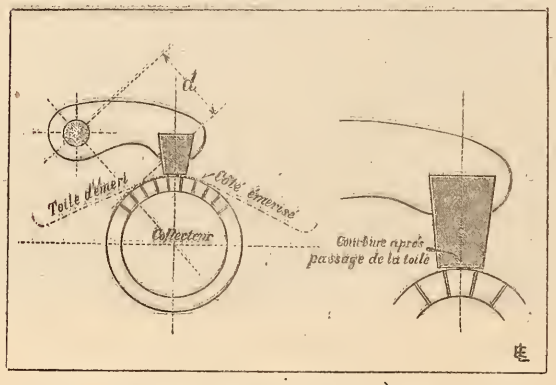


Fig. 19. — Rodage des balais en charbon.

Paliers.

Une lubrification judicieuse et constante est un élément capital dans une machine. Les paliers doivent être toujours pleins d'huile. Le remplissage doit se faire à des intervalles réguliers, variant avec l'importance et la durée du travail de la machine, la température ambiante, etc., et pendant l'arrêt, de préférence, pour éviter les projections d'huile ou les accidents. Veiller à l'échauffement anormal des paliers. La température d'échauffement d'un palier bien construit et convenablement lubrifié, ne doit pas être supérieur en marche ordinaire, à 45° centigrades. Le contact de la main suffit pour juger de cette température à une personne tant soit peu exercée.

Température de la machine.

La température acquise par une machine en marche est une excellente indication du bon fonctionnement de cette machine, le contact de la main suffit aussi à quelqu'un du métier pour juger si la température reste dans les limites convenables.

Pour une personne peu habituée à de telles constatations, ce contact peut donner une impression absolument erronée.

Une impression de brûlure peut être donnée, en effet, par un échauffement de 50° centigrades, alors que dans certaines machines, moteurs de tramways, par exemple, on peut aller à 70 ou 80 degrés, d'élévation de température, selon l'isolation.

Il faut évidemment une grande habitude pour juger d'une température par le seul contact de la main. Dans les cas douteux on aura recours à l'emploi du thermomètre appliqué convenablement à l'endroit où se produit l'échauffement.

D'une façon générale, il convient de procéder à un nettoyage à fond des machines une fois par mois au moins. L'expulsion des poussières doit se faire à l'aide d'un soufflet, notamment à l'intérieur et surtout dans l'induit du côté du collecteur, en prenant soin de ne pas détériorer l'isolation des fils, que pourrait produire la tuyère métallique du soufflet.

Il serait bon d'employer un soufflet tubulaire, sans partie métallique, qui a l'avantage d'avoir une tuyère en bois et d'être d'un maniement commode.

Vérifier enfin le serrage des écrous, les clavetages des poulies, etc., et ne rien laisser au hasard autour des machines.

Nous avons signalé dans cet exposé les accidents qui se présentent le plus fréquemment dans les machines à courant continu. La personne qui a essayé des machines ou conduit une installation aura vu des accidents différents ou reproduits de façon particulière.

La recherche d'un accident ou d'un dérangement devra toujours être faite méthodiquement, en éliminant les unes après les autres les causes probables de la perturbation.

Nous signalons que l'essai d'une génératrice, tournant en moteur à vide, devra être fait toutes les fois que cela se pourra; c'est là, en effet, un moyen aussi rapide que commode d'investigation.

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

L'ELECTRICIEN *invite ses lecteurs et les constructeurs à lui adresser les vues ou schémas des appareils ou procédés nouveaux. Il publiera ceux qui présenteront un intérêt professionnel.*

CONSTRUCTION ET EMPLOI

des compteurs à énergie réactive.

Le bas facteur de puissance sous lequel travaillent les réseaux de distribution d'énergie électrique par courants alternatifs a amené la plupart de ces organisations à adopter des compteurs mesurant la valeur intégrée de Kvi sin φ.

L'énergie dévattée absorbée par les récepteurs pour l'aimantation de leurs circuits magnétiques ne correspond à aucune augmentation de l'énergie mécanique. Mais elle a pour effet de réduire la capacité de travail de groupes électrogènes, et de faire baisser le rendement de ceux-ci.

On conçoit aisément qu'un groupe de 1.000 Kva travaillant sous cos. = 1 peut débiter une puissance électrique de 1.000 Kw à pleine charge, travaillant également à pleine charge sous cos φ = 0,5 la capacité de puissance ne sera plus de 500 kw. dans les deux cas l'ampèremètre du tableau accusera la même déviation. Et si ce groupe travaillait seul sur le réseau en ne demandant à son moteur mécanique que la demi-charge (toute notion de rendement étant écartée), on se verrait dans l'obligation de mettre un second groupe en route si la puissance instantanée augmentait.

C'est là une des premières conséquences de cet abaissement du facteur de puissance. La chute de tension dans les câbles ou lignes aériennes en est une seconde qui s'ajoute à cette immobilisation de matériel.

Il serait, à notre avis, avantageux au point de vue rendement d'installer dans les centrales un groupe générateur constitué par un alternateur destiné à assurer la fourniture du courant dévatté. Il serait de forte puissance, admis pour pouvoir fournir toute l'énergie réactive nécessaire, mais entraîné par un moteur de très faible puissance qui travaillerait dès lors dans des conditions plus satisfaisantes. Le réglage de l'excitation de ce groupe pourrait se faire simplement par un auto-régulateur sujet aux variations du cos φ et monté par exemple sur le principe du « cos φ mètre ». On sait, en effet, que la localisation de la fourniture du courant dévatté sur une machine appartenant à un groupe de génératrices en parallèle se fait simlement en agissant sur les excitations.

Les causes de l'abaissement du facteur de puissance des réseaux de distribution d'énergie électrique sont multiples. Transformateurs travaillant au-dessous de la pleine charge, ou à vide, transformateurs en parallèle, généralisation de la commande individuelle des machines-outils, moteurs de puissance nominale trop élevée pour le service auquel ils sont destinés.

Mensuration de l'énergie réactive. — La mensuration de l'énergie réactive se fait actuellement dans le cas du triphasé au moyen d'un compteur pour circuits triphasés équilibrés ou non dont on inverse le circuit d'intensité du bobinage traversé par le courant de la phase décalée en retard par rapport à la phase directe.

Un diagramme très simple de la méthode des 2 wattmètres montre que, on élimine ainsi les termes en cos φ et que la somme algébrique des puissances intégrées ne contient que des termes en sin.

Tout se borne en somme à renverser le sens normal du couple moteur dû à l'électro de la phase II (si on appelle III la directe). Et si U_1 et U_2 sont les vitesses angulaires des disques respectifs de deux compteurs monophasés montés suivant le même dispositif que les compteurs triphasés pour circuits équilibrés ou non, on aura :

Compteur mesurant

	$\int_0^t \sqrt{3}\, U\, I \cos\varphi\, dt$	$\int_0^t \sqrt{3}\, U\, I \sin\varphi\, dt$
$\cos\varphi > 0{,}5$	$U_1 + U_2$	$U_1 - U_2$ .. $U_2 > 0$
$\cos\varphi = 0{,}5$	$U_1 + U_2$	$U_1 - U_2$ .. $U_2 = 0$
$\cos\varphi < 0{,}5$	$U_1 + U_2$	$U_1 - U_2$ .. $U_2 < 0$

On conçoit donc qu'il soit possible de construire un appareil unique permettant la mensuration de

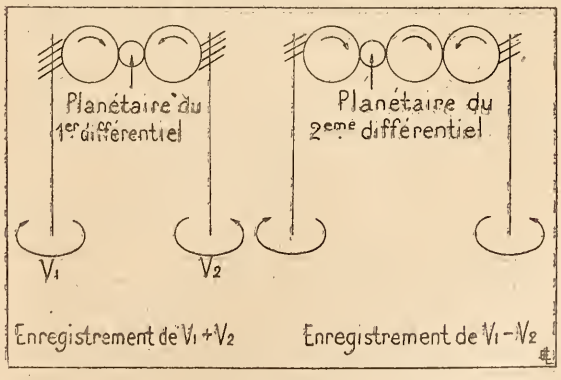


Fig. 1.

l'énergie magnétisante et de l'énergie wattée en adoptant un modèle à deux équipages distincts analogues au compteur Aron d'induction pour circuits diphasés ou triphasés, en adjoignant à un modèle

de ce type une minuterie double comprenant un double différentiel qui permettrait de totaliser d'une part :

a) La somme algébrique des vitesses angulaires des équipages ;

b) La différence algébrique des vitesses angulaires de l'équipage ayant la plus grande vitesse angulaire en valeur absolue (I si III est la directe) et de l'équipage ayant en valeur absolue la plus faible vitesse angulaire (II).

La réalisation d'un tel système (fig. 1) ne semble pas, *à priori*, être la source de sérieuses difficultés d'ordre pratique, puisque les compteurs à balanciers et les compteurs cosinus à dépassement possèdent un dispositif analogue quoique un peu plus simple.

Le principal avantage de cette conception serait à notre avis une réduction de prix unitaire, une plus grande sécurité de réglage, un réglage plus précis car il porterait sur deux éléments distincts non influençables par les actions mutuelles des deux électros généralement voisins l'un de l'autre. Une nécessité d'opérer un réglage phase par phase ce qui pourrait éviter les aléas d'une opération simultanée dont les erreurs d'un tel mode opératoire sont rendues évidentes dans le cas de compteurs en contrôle mutuel.

Il est aussi à remarquer que lorsqu'on emploie deux compteurs monophasés distincts pour la mensuration de l'énergie triphasée les indications de ces deux appareils suffisent pour déterminer à la fois l'énergie wattée et l'énergie déwattée. On doit d'ailleurs vérifier dans chaque cas et avant l'adoption d'un type de compteur que, dans sa marche « à l'envers » c'est-à-dire lorsque l'appareil « décompte », la vitesse angulaire est la même que si la puissance intégrée était positive et égale en valeur absolue (1).

A. Brocheré,
Ingénieur I. E. G.

Le rôle de l'Ingénieur-Electricien.

Dans une récente cérémonie destinée à commémorer la mémoire de ses anciens élèves tombés au champ d'honneur le directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, M. Barbillion, a prononcé une allocution dans laquelle il précisa ainsi le rôle de l'ingénieur-électricien, nous pourrions dire de l'électricien en général :

Il n'y a pas à se dissimuler, et je vous parle ici comme à des hommes et non à des étudiants, que la concurrence, sur le terrain de l'industrie, sera demain des plus vives et des plus dures. Un pays comme le nôtre (du reste la crise est générale) ne traverse pas une période si troublée de six ans sans voir diminuer beaucoup son activité, abstraction faite même des pertes humaines, si douloureuses, que nous déplorons aujourd'hui, et dont le lugubre bilan, en ce qui concerne notre Institut, s'accroît chaque jour.

Les ressorts de l'activité nationale ont été faussés. Après une période d'enthousiasme indicible, où il semblait que, la guerre finie, une ère paradisiaque devait s'ouvrir dans l'Ancien Monde et le Nouveau, des difficultés sans nombre sont apparues. Vous les avez senties comme moi. L'une des formes les plus tristes pour nous autres Français, et les plus préoccupantes pour les jeunes ingénieurs en particulier, a été l'arrêt de beaucoup de nos industries motivé par des causes multiples : insuffisance de transports, grèves de personnel, défaut de matières premières, etc... La crise, à certains moments, a atteint son paroxysme et même ceux d'entre les Français qui conservent une foi inaltérable dans les destinées de la patrie, et nous sommes de ceux-là, ont été inquiets. Aujourd'hui, la situation s'améliore indubitablement, comme toujours après une maladie aiguë, que le malade a eu la force de surmonter. Néanmoins, l'horizon immédiat est encore bien sombre. Situation financière douloureuse, paralysie des affaires, incertitude du lendemain, tant en ce qui concerne la production et la consommation nationales, que nos rapports avec les nations voisines, même avec nos alliés d'hier. Tous ces facteurs tendraient à nous apporter quelque découragement, si l'on ne songeait que la crise est générale et que, en somme, bien que toujours portée à dire trop de mal d'elle-même, la France est la seule nation d'Europe dans laquelle les convulsions économiques soient restées de surface et n'aient pas gagné en profondeur.

Certes, le placement des élèves sortants soulèvera certaines difficultés. On s'est étonné, à Grenoble comme ailleurs, du grand nombre de ces élèves. Est-ce juste ? Pendant cinq ans, toutes les hautes écoles techniques ont cessé de fonctionner, ou presque. Tel un flot d'humanité ardente, tous les jeunes démobilisés sont revenus prendre place sur les bancs des amphithéâtres. Les écoles parisiennes, celles de Grenoble, les autres encore, ont doublé, triplé, quadruplé leurs effectifs. Etait-il possible de faire autrement ? Non. A tous ces jeunes gens dont les études avaient été interrompues par la guerre, ou qui même, n'ayant pas encore commencé leurs études techniques, avaient l'intention de devenir ingénieurs, pouvait-on répondre : « Vous êtes trop, nous vous fermons la porte » ? C'eût été un crime de lèse-patrie. Vous le comprenez comme moi. Et, dussent certains autres, dussent même

(1) Voir « Repérage et montage méthodique des appareils de mesure », François, *l'Electricien* 15 et 31 octobre 1919. — « Recherche du sens de rotation des phases dans les installations polyphasées », E. François, *l'Electricien* 15 mars et 1er avril 1920.

vos professeurs, souffrir quelque peu de cet entassement, il fallait ouvrir nos portes très grandes... à ceux qui n'avaient pas marchandé leur vie au moment où la France faisait appel au concours de tous ses enfants. C'était un devoir moral, pressant, pour les Directeurs d'écoles techniques, de donner, à tous ces jeunes gens, les moyens de conquérir dans la vie une situation à laquelle ils avaient doublement droit, et par leur valeur d'étudiants, et par leur caractère d'anciens soldats.

Si j'insiste sur ce point, c'est que souvent, il a été mal compris. On s'est plu à croire, ou à faire croire, que nous avions recherché une si forte clientèle. C'est absolument inexact. Nous n'avons voulu forcer aucune vocation. Tous ceux qui sont venus à Grenoble y sont venus en volontaires. Par contre, j'avoue que nous n'avons pas voulu barrer la route à aucun étudiant de bonne volonté.

La situation industrielle est donc, pour le moment, difficile, mais, croyez-moi, la crise ne durera pas. Des symptômes des plus heureux apparaissent de toutes parts, tendant à démontrer que la France se réorganise et qu'un état de choses nouveau commandé par les circonstances mêmes que nous venons de traverser, ne va pas tarder à s'établir, état de choses basé sur une juste représentation des trois éléments importants, essentiel dans une entreprise industrielle : le capital, le travail et l'intelligence.

Les tentatives d'organisation actuelle, tendant à donner leur juste rôle à ces trois éléments, sont encore un peu confuses, mais tous les gens avertis ont l'impression que l'on sort du chaos et que les conflits du travail, jusque-là motivés amplement, ayons le courage de le dire, aussi bien par certains égoïsmes patronaux que par des manifestations déplacées de solidarité ouvrière, vont tendre bientôt à disparaître. C'est là un avenir souriant, qui nous est bien dû, à nous autres Français, après ce que nous avons souffert, avenir de concorde, d'union entre tous les citoyens, de travail librement consenti et largement rémunéré.

N'hésitons pas à reconnaître que les situations offertes à nos jeunes ingénieurs seront d'autant plus intéressantes que cette paix sociale sera plus vite rétablie. Les travaux, même d'ordre simplement électrotechnique, à accomplir en France, sont nombreux, mais ils ne peuvent l'être que dans la sécurité du lendemain. L'aménagement du Rhône et de l'Isère, d'un certain nombre d'autres de nos cours d'eau, inépuisable réserve de force motrice, l'électrification de plus de 10.000 kilomètres de nos chemins de fer, pour commencer l'érection, de nombreuses usines hydrauliques, destinées à parer, pour toutes les applications où la chose est possible, à notre insuffisance de charbon, l'extension de nos réseaux de distribution d'énergie électrique, l'emploi de plus en plus généralisé de celle-ci à l'atelier, à la ferme, pour l'éclairage, pour le chauffage, enfin d'innombrables applications nouvelles électrochimiques et électrométallurgiques constituent, pour les jeunes ingénieurs électriciens, une source de placement illimitée. Vous constaterez, avec moi, que ces applications diverses de l'énergie électrique supposent, chez les ingénieurs qui en sont chargés, l'alliance de qualités intellectuelles données, s'affirmant dans le domaine électromécanique ou électrométallurgique, avec bien d'autres connaissances. C'est là un point sur lequel je voudrais, en terminant, attirer votre attention.

De plus en plus, en effet, l'ingénieur électricien devra être autre chose qu'électricien. Il y a quelque trente ans, au début de l'électrotechnique, cette science était presque uniquement l'apanage de professeurs auxquels leur forte éducation scientifique permetttait de passer, sans trop trébucher, sur la mince passerelle réunissant alors l'électrotechnique, proprement dite, à l'électricité générale et à l'électrostatique. Les praticiens, et même les ingénieurs mécaniciens, se trouvaient désarmés, en raison du défaut de leurs connaissances culturales, devant la nouvelle branche d'activité, l'électrotechnique qui tend à embrasser aujourd'hui dans ses applications, toutes les manifestations industrielles modernes D'où pendant longtemps, cette cloison étanche, ce fossé, entre les électriciens, qui n'étaient guère mécaniciens, et les mécaniciens qui ne pouvaient comprendre les règles, même les plus fondamentales de l'Electricité industrielle

Vous croirez peut-être que j'exagère. Il n'en est rien Si vous voulez bien vous reporter à des mémoires pourtant couronnés par l'Académie des Sciences et relatifs à des questions de mécanique intéressant l'électricité industrielle, par exemple des mémoires célèbres consacrés à la régulation des groupes électrogènes, vous verrez que leurs auteurs y étudient volontiers le fonctionnement des turbines, ou plus généralement des moteurs, sans s préoccuper de la dynamo ou de l'alternateur qui sont mécaniquement associés. Pour arriver à la notion d'un enseignement véritable d'électromécanique, il a fallu longtemps... et, laissez-moi vous le dire avec quelque orgueil, c'est à l'école de Grenoble que sont dus, pour une grande part, les principes de base de la nouvelle science.

Dans la vie journalière, l'électricien pur est un être de luxe dont on a de plus en plus tendance à se passer. L'ingénieur électricien aura à installer des réseaux, à calculer des résistances de pylônes, à électrifier des usines, des réseaux ferrés, etc., tous travaux dans lesquels la partie mécanique est d'importance au moins égale à la partie électrique.

J'en dirai de même de l'électrométallurgie. Que serait un électricien dans une telle usine, s'il n'avait une instruction très solide en matière de chimie, de mécanique et de métallurgie? Une spécialisation outrancière serait pour son avenir plus nuisible qu'utile.

. . . . . .

L. Barbillion.

JURISPRUDENCE

A propos de l'impôt sur le chiffre d'affaires.

Tout le monde connaît maintenant la loi du 25 juin 1920, dont l'article 59 établit en ces termes un impôt sur le chiffre d'affaires :

« A partir du premier jour du mois qui suivra, la promulgation de la présente loi, il est institué un impôt sur le chiffre des affaires faites en France par les personnes qui habituellement ou occasionnellement achètent pour revendre ou accomplissent des actes relevant des professions assujetties à

l'impôt sur les bénéfices industriels et commerciaux, institué par le titre Ier de la loi du 31 juillet 1917, ainsi que par les exploitants d'entreprises assujetties à la redevance proportionnelle établie par l'article 33 de la loi du 21 avril 1810. »

Les articles 60 et suivants de la loi réglementent les modalités de cet impôt qui est de 1 % avec un décime au profit des départements et communes.

Nombreuses vont être les questions juridiques soulevées par cette nouvelle loi. En voici une notamment qui est de nature à intéresser nos lecteurs.

Une société d'électricité a passé avec ses abonnés une police pour fourniture d'énergie électrique, qui renferme la clause suivante : « Tous impôts ou droits pouvant frapper la vente ou l'emploi de l'énergie électrique sont à la charge des abonnés. »

Cette société est-elle en droit de récupérer sur les facture qu'elle présente à ses abonnés l'impôt de 1,10 % sur le chiffre d'affaires qu'elle est obligée de payer?

Je n'hésite pas à répondre affirmativement, pour les deux raisons suivantes :

1° Aucune disposition de la loi du 25 juin 1920, ni du réglement d'administration publique pour les détails de l'application et de la perception de l'impôt sur le chiffre d'affaires, publié dans le *Journal officiel* du 25 juillet 1920 n'interdit aux commerçants de récupérer cet impôt, soit en le mettant sur leurs factures, soit en l'incorporant dans le prix de vente des marchandises.

2° Dans le cas particulier que nous examinons, la clause de la police doit jouer au bénéfice de la société. L'impôt créé par la loi du 25 juin 1920 porte en effet sur le chiffre des affaires faites par la société en vendant l'énergie électrique à ses abonnés; c'est donc un impôt qui, aux termes de la police même, peut être récupéré sur les abonnés.

Jean Lhomer,
Avocat à la Cour d'appel de Paris.

DÉCRET
réglementant les formes et instructions des
demandes de concessions d'énergie hydraulique (1).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics et du ministre de l'agriculture,

Vu la loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, et en particulier l'article 38 portant que des règlements d'administration publique détermineront notamment :

. . . . . .

« 4° Les formes de demandes ainsi que les documents justificatifs et les plans qui doivent y être annexés;

« 5° La forme de l'instruction des projets et de leur approbation;

« 6° La forme des différentes enquêtes relatives à l'autorisation... des entreprises et à l'établissement des servitudes prévues par la loi... »;

Vu l'article 32 de la loi du 16 octobre 1919, et notamment le paragraphe 1er ainsi conçu : « Les décrets portant règlement d'administration publique, les décrets... accordant une autorisation ainsi que tous autres pris en application de la présente loi seront rendus sur le rapport et le contreseing du ministre des travaux publics. Les décrets portant règlement d'administration publique et les décrets approuvant une concession sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public seront, en outre, contresignés par le ministre de l'agriculture »;

Vu l'avis du comité consultatif des forces hydrauliques en date du 29 avril 1920;

Le Conseil d'Etat entendu.

Décrète :

TITRE Ier
Formes et instructions des demandes.

Art. 1er. — Les travaux d'établissement des usines hydrauliques utilisant l'énergie des cours d'eau ou des lacs et qui, aux termes de l'article 2 de la loi du 16 octobre 1919, sont placés sous le régime de l'autorisation, sont soumis à une instruction et à une enquête préalables dans les formes ci-après :

Art. 2. — Toute demande d'autorisation d'une usine hydraulique est adressée au préfet, sur papier timbré.

Art. 3. — La demande énonce :

1° Les noms des cours d'eau et ceux des départements et des communes sur lesquels les ouvrages doivent être établis;

2° Les établissements hydrauliques placés immédiatement en amont et en aval;

3° L'objet principal de l'entreprise;

4° La section de cours d'eau à aménager, les changements présumés que l'exécution et l'exploitation de l'usine doivent apporter au niveau et au régime des eaux, notamment le débit maximum à dériver;

5° La durée probable des travaux;

6° La durée de l'autorisation demandée.

Le pétitionnaire doit joindre à sa demande les renseignements justifiant qu'il remplit les conditions de nationatité prescrites par l'article 26 de la loi du 16 octobre 1919.

Il doit en outre justifier qu'il a la libre disposition des terrains ne dépendant pas du domaine public, sur lesquels les travaux nécessaires à l'aménagement de force hydraulique doivent être exécutés.

Art. 4. — S'il s'agit de modifier une autorisation, le propriétaire, doit, outre les renseignements ci-dessus mentionnés, fournir une copie des titres qui ont réglementé son établissement.

Art. 5. — Dans les huit jours, au plus tard, qui suivent l'enregistrement de la demande, le préfet en accuse réception et la transmet à l'ingénieur en chef chargé du service hydraulique.

Si plusieurs services hydrauliques du même département sont intéressés, le préfet désigne celui à qui sera confiée l'instruction de l'affaire. Si les travaux s'étendent sur plusieurs départements, les préfets se concertent pour cette désignation ainsi que pour celle du préfet qui centralisera les résultats de l'instruction. En cas de désaccord, la désignation est faite par le ministre.

L'ingénieur en chef transmet la demande à l'ingénieur ordinaire du service hydraulique qui procède à la visite des lieux.

(1) Voir l'*Électricien* du 1er septembre 1920.

Art. 6. — L'ingénieur ordinaire annonce son arrivée aux maires des diverses communes intéressées, avec invitation de donner à cet avis la publicité nécessaire.

Il prévient directement le pétitionnaire, les présidents des syndicats, s'il en existe sur les cours d'eau, le président de la commission départementale des sites et monuments naturels de caractère artistique, les mariniers les plus expérimentés s'il s'agit d'une rivière navigable, ou flottable et toutes autres personnes dont la présence lui paraît utile et pour lesquelles il pense que cet avertissement direct est nécesssaire.

L'avis de la visite de l'ingénieur est publié à son de trompe ou de caisse par les soins du maire et affiché au lieu ordinaire d'affichage des actes administratifs. Ces formalités doivent être remplies au moins huit jours avant la date fixée pour la visite de l'ingénieur. L'accomplissement en est certifié par les maires des communes où elles ont été prescrites.

Art. 7. — L'ingénieur ordinaire procède à la visite des lieux en présence des maires ou de leurs représentants et des intéressés ou de leurs mandataires.

Il dresse, séance tenante, un procès-verbal dans lequel il indique d'une manière circonstanciée l'état des lieux, les repères qu'il a adoptés, les renseignements qu'il a recueillis, les résultats des expériences qu'il a faites. Il y ajoute les observations qui auront été produites et y mentionne les conventions amiables qui auraient pu intervenir entre les intéressés.

Lecture de ce procès-verbal est donnée aux personnes présentes, qui sont invitées à le signer et à y insérer sommairement leurs observations si elles le jugent convenable.

Art. 8. — L'ingénieur ordinaire fait compléter, s'il y a lieu, notamment dans le cas où l'importance de l'établissement projeté le justifie, les indications fournies dans la demande. Ces renseignements complémentaires devront être produits par le pétitionnaire dans le délai d'un mois, faute de quoi l'affaire est classée sans suite par l'ingénieur en chef chargé du service hydraulique.

Art. 9. — L'ingénieur ordinaire rédige un rapport dans lequel il présente l'exposé de l'affaire, décrit l'état des lieux discute les oppositions et formule, en tenant compte notamment du plan d'aménagement, ainsi que du résultat des conférences prévues à l'article 15, ses propositions relatives aux conditions à imposer au pétitionnaire.

S'il conclut à l'autorisation, il annexe à son rapport un projet de règlement avec notice explicative sommaire. Un plan et des nivellements sont également joints à ce rapport.

Toutes les pièces de l'instruction sont adressées à l'ingénieur en chef, qui les transmet, avec ses propositions définitives, au préfet. Si, après avoir été consulté comme il est prévu à l'article 15, l'ingénieur en chef chargé du service des forces hydrauliques estime que l'autorisation est contraire au bon aménagement du cours d'eau, le dossier ne sera transmis au préfet qu'après réception des instructions du ministre des travaux publics, s'il s'agit d'un cours d'eau domanial et du ministre de l'agriculture, d'accord avec le ministre des travaux publics, sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

Art. 10. — Dans les huit jours au plus tard, qui suivent la réception des pièces de l'instruction, le préfet ordonne, par un arrêté l'ouverture d'une enquête.

Cet arrêté prescrit le dépôt à la mairie de chacune des communes riveraines du cours d'eau, depuis la limite amont du remous jusqu'à l'extrémité aval du canal de fuite d'un dossier comprenant la demande, le projet de règlement et la notice explicative sommaire rédigée par les ingénieurs, les plans et nivellements qui les accompagnent.

Un registre destiné à recevoir les observations des intéressés est ouvert à la mairie des ces communes.

Si l'établissement ou l'exploitation de l'usine paraît de nature à étendre ses effets en dehors du territoire des communes susvisées, l'arrêté désigne les autres communes dans lesquelles il y aurait lieu d'ouvrir l'enquête et aux mairies desquelles il sera déposé, avec un registre spécial, un dossier comprenant le projet de règlement et la notice explicative sommaire.

Si les communes appartiennent à plusieurs départements les préfets se concertent pour ordonner l'ouverture et l'affichage de l'enquête dans leurs départements respectifs.

Art. 11. — L'arrêté préfectoral fixe le jour de l'ouverture de l'enquête qui aura une durée de quinze jours.

Il est, par les soins du maire, publié à son de trompe ou de caisse et affiché au lieu ordinaire des actes administratifs, dans chacune des communes ou l'enquête est ouverte; il est justifié de cette formalité par un certificat du maire.

Art. 12. — A l'expiration du délai de quinze jours, le maire de la commune ou les registres ont été déposés, clôt et arrête ce registre.

Il le transmet dans le délai de huit jours, avec son avis motivé, à l'ingénieur en chef à qui est confiée l'instruction.

Art. 13. — Si, d'après les résultats de l'enquête, les ingénieurs apportent à leurs premières propositions quelques changements essentiels de nature à provoquer de nouvelles oppositions, il est procédé à une nouvelle enquête de quinze jours.

Art. 14. — En même temps qu'ils ordonnent l'enquête, les préfets provoquent, en application de l'article 1er de la loi du 16 octobre 1919, l'avis des conseils généraux ou des commissions départementales à qui délégation, soit générale, soit spéciale, aura été donnée à cet effet.

Le conseil général ou la commission départementale doit faire connaître son avis dans le délai d'un mois à dater de la communication du dossier.

Les préfets transmettent ces avis à l'ingénieur en chef à qui est confiée l'instruction.

Art. 15. — Avant la rédaction du projet de règlement, il est procédé à la consultation des autres services intéressés et, notamment, de l'ingénieur en chef chargé, sous l'autorité des ministres des travaux publics et de l'agriculture, pour ce qui concerne leurs attributions respectives, du service des forces hydrauliques, dans le ou les départements sur lesquels les ouvrages sont établis. Ces services doivent faire connaître leur réponse au plus tard dans le délai d'un mois; faute de quoi ils sont considérés comme acquiesçant aux travaux projetés.

Si l'ingénieur en chef chargé du service des forces hydrauliques estime que l'autorisation est contraire au bon aménagement du cours d'eau, il fait connaître immédiatement son avis motivé au ministre des travaux publics ainsi qu'au ministre de l'agriculture s'il s'agit d'un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public. Le ministre des travaux publics décide, d'accord avec le ministre de l'agriculture pour les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public, s'il y a lieu ou non, de poursuivre l'instruction.

En cas de désaccord avec l'Administration locale des domaines au sujet de la fixation de la redevance applicable aux usines projetées sur les cours d'eau domaniaux, l'ingénieur en chef en réfère immédiatement au ministre des travaux publics, qui statue d'accord avec le ministre des finances.

Art. 16. — Si les ouvrages sont compris dans le rayon myriamétrique d'une enceinte fortifiée et si les modifications au régime des eaux sont de nature à exercer une influence sur les inondations défensives, il est procédé à

l'instruction suivant les règles édictées par les lois et décrets sur les travaux mixtes.

Art. 17. — L'ingénieur en chef à qui est confiée l'instruction envoie au préfet chargé d'en centraliser les résultats, l'ensemble du dossier avec ses propositions.

Art. 18. — Dès réception du dossier, le préfet statue sur la demande. S'il accorde l'autorisation, il envoie une copie de l'arrêté au ministre des travaux publics ainsi qu'au ministre de l'agriculture, s'il s'agit d'un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

En cas de rejet de la demande, le préfet notifie immédiatement sa décision motivée au pétitionnaire.

Si les travaux s'étendent sur plusieurs départements, il est statué par un arrêté unique signé par les préfets intéressés; en cas de désaccord, les préfets statuent conformément aux instructions qui leur sont données par le ministre des travaux publics, si les travaux sont projetés sur un cours d'eau domanial et par le ministre de l'agriculture dans les autres cas.

Les autorisations d'une durée supérieure à cinq ans sur les canaux de navigation ou les rivières canalisées sont accordées par décret sur rapport du ministre des travaux publics, après avis du comité consultatif des forces hydrauliques.

Art. 19. — L'accomplissement des formalités prévues au présent décret ne devra pas dépasser une durée de six mois. Toutefois, cette durée sera augmentée du délai supplémentaire prévu à l'article 8.

Art. 20. — Lorsqu'il y a lieu de prononcer le retrait ou la modification de l'autorisation par application des articles 14 et 45 de la loi du 8 avril 1898, il est statué dans les formes établies par les articles 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18 du présent décret.

L'enquête s'ouvre, en ce cas, sur les propositions formulées par les ingénieurs.

TITRE II

Récolement des travaux.

Art. 21. — A l'expiration du délai fixé par l'acte d'autorisation pour l'exécution des travaux, l'ingénieur ordinaire se transporte sur les lieux pour vérifier si les travaux ont été exécutés conformément aux dispositions prescrites et rédige un procès-verbal de récolement, en présence du pétitionnaire, des maires ou de leurs représentants et des intéressés convoqués à cet effet dans des formes établies par l'article 6 du présent décret.

S'il résulte du récolement que les travaux exécutés sont conformes aux conditions de l'autorisation, le préfet en prononce la réception.

Si les travaux sont de nature à causer des dommages, le préfet met immédiatement le pétitionnaire en demeure de satisfaire dans un délai déterminé, aux conditions de l'autorisation.

A l'expiration de ce délai, si la mise en demeure est restée sans effet, le préfet prend les mesures nécessaires pour faire cesser le dommage et prononce s'il y a lieu, le retrait de l'autorisation, dont il avise le ministre des travaux publics, ainsi que le ministre de l'agriculture, s'il s'agit d'un cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

TITRE III

Dispositions diverses.

Art. 22. — Dans le délai d'un an à partir de la publication du présent décret, les propriétaires des usines existantes non fondées en titre, et qui n'ont pas été régulièrement autorisées seront tenus de demander l'autorisation prévue par la loi du 16 octobre 1919. La demande doit être accompagnée des renseignements prévus à l'article 3 ci-dessus et d'une copie des titres en vertu desquels l'établissement existe.

Au cas où la demande ne serait pas présentée dans le délai imparti, le préfet peut, soit procéder à la réglementation d'office, soit imposer au propriétaire, après avis du comité consultatif des forces hydrauliques, le rétablissement du libre écoulement des eaux.

Art. 23. — Le ministre des travaux publics et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui concerne, de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 30 juillet 1920.

P. Deschanel.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PERFECTIONNEMENTS AUX RELAIS ÉLECTRIQUES A MAXIMA

Ce relais réunit certains avantages :

1° Il est actionné dans un temps inversement proportionnel à une surcharge, si cette surcharge n'atteint pas une valeur déterminée.

2° Le temps de fonctionnement est indépendant de la surcharge et ne dépend que de sa valeur, si la valeur précédente n'est pas dépassée.

L'appareil comprend, en principe (fig. 1) un solénoïde *n*, attirant un noyau creux *c*, une tige *a* traverse le noyau, et est fixée à un retardateur *t*. Une rondelle *e* fixée sur la tige vient buter contre le fond du noyau, et un ressort r_1 dont la pression peut être modfifiée par le levier d'arrêt agit sur la tige *a*.

Un levier à fourche *b*, réglé par le ressort r_2, guide le noyau *c*

On doit avoir :

1° La tension de r_2 plus le poids de *c* doivent être tels que le naoyau *c* reste au repos dans la position bassc.

2° Ces deux forces réunies doivent comprimer le ressort r_1 jusqu'à fin de course.

Si l'on admet que la traction de r_2 et le poids de *c* sont égaux à un effort de 100 grammes et que d'autre part, la

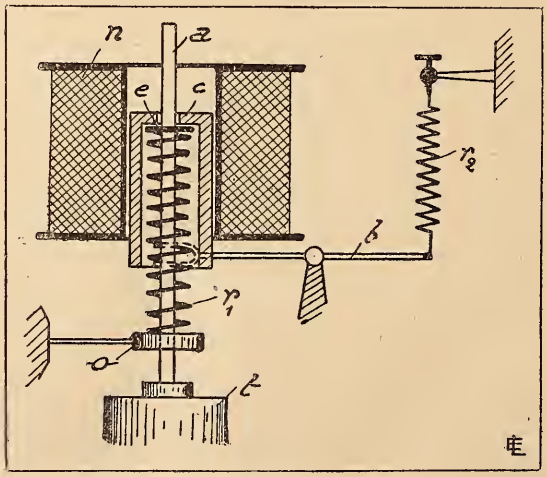


Fig. 1

compression de r_1 est égale à 50 grammes, on obtient ce qui suit :

Quand une force attractive agit sur le noyau *c*, et si elle est égale à 50 grammes, elle équilibrera simplement les efforts ; si elle atteint 55 grammes, il y aura attraction lente; si elle est égale à 100 grammes, le noyau sera attiré et la tige *a* pourra agir plus vivement sur un dispositif de déclanchement. (Br. F. 501.415.)

PERFECTIONNEMENTS AUX DOUILLES DE BAIONNETTE DE LAMPES ÉLECTRIQUES

Ce perfectionnement a pour but de simplifier les douilles de lampes électriques. Il consiste (fig. 2) principalement dans le mode de fixation du cable *a*, lequel est coincé sur des bossages de *b* par les pistons *s*.

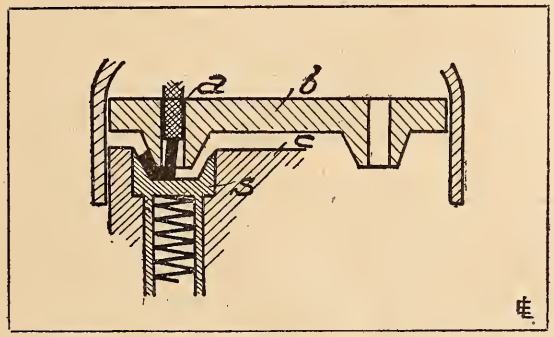


Fig. 2

Même pour un desserrage, la pression du piston *s* est suffisante pour maintenir le câble en position et assurer le contact.(Br. Fr. 501.367.)

SYSTEME D'AMPLIFICATION PROPRE A RÉALISER UNE IMPÉDANCE NÉGATIVE DE VALEUR QUELCONQUE

Le système comporte (fig. 3) deux tubes à vide *l* et *l* montées en amplificateur à résistances. Le circuit plaque de chaque lampe est alimentée par deux batteries 1 et 2 et par l'intermédiaire de résistances s_1 et s_2. La batterie 2 compense la chute chimique du courant plaque dans la

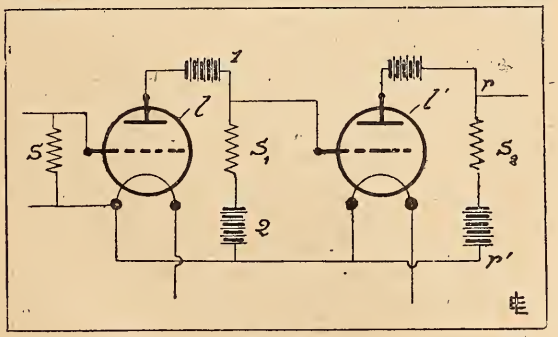


Fig. 3

résistance s_1 de telle façon que la tension au point 1 et après batterie 2 = 0. Il en est de même pour la lampe *l'*. On branche l'impédance *s* comme il est indiqué. En considérant le circuit *s s* , si un courant *i* traverse l'impédance *s*, le passage de ce courant développe une tension *z i* entre la grille et le filament de 1 ; cette tension amplifie apparaît comme chute ohmique négative entre *r* et *r'* de la résistance s_2. (Br. F. 501.472.)

GÉNÉRATEUR A RAYONS CATHODIQUES APPLICABLES A LA T. S. F.

Ce générateur est caractérisé par des oscillations continuelles de l'extrémité d'un faisceau cathodique entre deux anodes *b* (fig. 4). Cette oscillation est provoquée par l'influence d'un champ électrique, magnétique ou combiné.

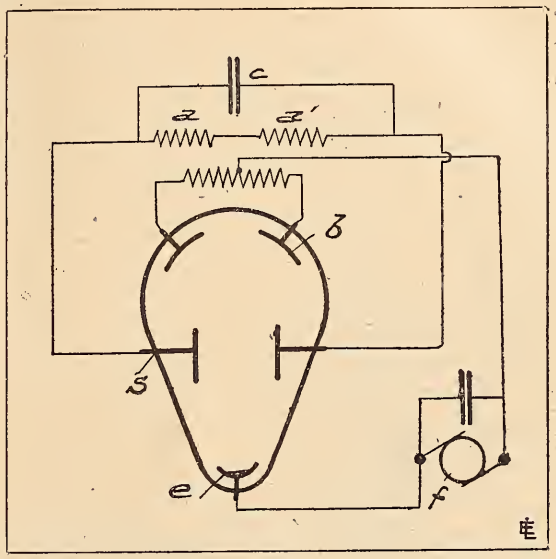


Fig. 4

L'établissement de générateurs de ce type permettra d'augmenter la puissance.

La cathode *e* émet sous l'action de la chaleur, des rayons. Les charges passent entre les plateaux *s* formant les armatures de condensateurs. Le renversement du champ en *s* qui est provoqué par les enroulements *a* et *a'*, déplace le faisceau et il se produit des ondes entretenues. (Br. Fr. 502.519.)

DISPOSITIF RÉGULATEUR ÉLECTRIQUE APPLICABLE AU COURANT CONTINU ET ALTERNATIF.

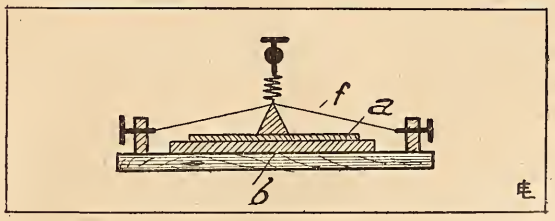


Fig. 5

Ce dispositif utilise les variations de résistance de contact sous l'influence de la pression (fig. 5). La pression est commandée par les variations de température dues au passage du courant dans le conducteur *f* agissant sur les électrodes *a* et *b*.

La pression diminue, si le courant augmente. Cet appareil peut être utilisé comme régulateur de tension pour achine à courant alternatif. (Br. Fr. 502.611.) P. M.

LES ÉLECTRONS ET LA DÉSINTÉGRATION ATOMIQUE

Il ne semble pas à première vue qu'une connaissance plus approfondie de la structure interne de l'atome dolve susciter autre chose qu'un intérêt uniquement théorique et sans réalisations pratiques apparentes; en d'autres termes, c'est de la science pure dont l'ingénieur, avide de résultats immédiats, doit se désintéresser, semble-t-il. Et cependant récemment, Sir Ernest Rutherford a fait une conférence devant la Royal Society où il a prouvé que tôt ou tard, et plutôt tôt que tard, cette théorie des atomes est appelée à modifier l'aspect de la vie humaine. Certes il est encore difficile de prévoir comment les effets obtenus dans un tube à vide et limités à quelques atomes seulement pourront bouleverser notre société future. Mais ce ne serait pas la première fois que des découvertes sans grande portée. semblait-il, aient entraîné des résultats extraordinaires par la suite.

Quoi qu'il en soit, Sir Ernest Rutherford a démontré que la transformation d'un des éléments chimiques en un autre peut se produire dans des substances ordinaires comme l'azote et l'oxygène, alors que jusqu'ici on l'avait cru limitée à quelques-uns des corps exceptionnels doués des mystérieuses propriétés de la radio activité. Lorsque, dans des conditions convenables, des atomes d'azote sont bombardés par les particules alpha engendrées par le radium ou ses émanations, des atomes d'hydrogène font leur apparition, tandis qu'une nouvelle espèce d'atome s'est formée par le bombardement similaire des atomes d'oxygène. Jusqu'ici, cette série extraordinaire de transformations n'a été effectuée que sur une échelle microscopique et à l'aide des moyens les plus puissants connus : les rayons alpha du radium. Mais M. Rutherford croit possible une telle désintégration au moyen de procédés plus simples. Il restera encore évidemment à exécuter la même opération sur une plus grande échelle, mais cela est le secret de l'avenir.

Examinons maintenant une ou deux des conséquences possibles d'une telle découverte au point de vue pratique. Nous obtenons, tout d'abord la démonstration de l'hypothèse suivante : l'atome est un noyau portant une charge électrique positive, entouré et intimement relié à un groupe de très petits électrons. Cette conception sert aussi à montrer comment les atomes, particulièrement quand ils sont construits en forme de cristal, sont reliés ensemble, — ce que nous désignons du terme vague de « cohésion ». Il semble probable que l'agent actif de la cohésion est le minuscule électron qui est relié à l'atome par une relation du même genre que celle qui relie les planètes au système solaire. Les atomes donc sont reliés ensemble par leurs électrons. Ils peuvent avoir un ou plusieurs électrons en commun ou les électrons d'un atome peuvent combler les vides en électrons d'un autre atome. Or cette propriété de la cohésion est une de celles qui intéressent le plus l'ingénieur : la dureté du diamant, la résistance de l'acier trempé, la ductilité du cuivre, etc., en dépendent. Une connaissance plus approfondie du mécanisme intérieur de la cohésion ouvrirait donc des possibilités nouvelles, surtout en ce qui concerne la métallurgie.

Ces connaissances nouvelles au sujet de la structure atomique seraient encore d'un plus grand intérêt, si possible, à un autre point de vue. L'énorme réserve d'énergie qui est contenue dans la structure des atomes eux-mêmes nous a été révélée à la suite d'observations sur le radium et sur la chaleur qu'il engendre comme résultat de sa désintégration spontanée. La vive imagination de l'écrivain anglais bien connu Wells nous a familiarisé avec l'idée qu'un jour il serait possible d'utiliser cette énergie intérieure de l'atome pour des buts de destruction et nous a décrit les ravages opérés par les « bombes atomiques ». On peut supposer que cette grande réserve d'énergie trouvera son application dans des emplois plus pacifiques comme source inépuisable d'énergie : ainsi se trouvera résolu le problème du charbon et du pétrole. C'était là une pure spéculation tant que l'on n'a pas démontré la possibilité de s'approprier cette réserve d'énergie par une simple manipulation humaine; mais maintenant M. Rutherford nous a démontré que des atomes ordinaires peuvent subir une désintégration du fait des agents externes. Il a suggéré la possibilité d'atomes ordinaires d'azote ou d'oxygène transformés en charbon. Il est évident que dans la désintégration atomique, de l'énergie sera absorbée et il ne faudra pas, pour que le procédé soit intéressant, que cette dépense d'énergie soit trop forte. D'un autre côté, l'atome de charbon est plus léger que celui d'azoté ou d'oxygène et nous savons que, tout au moins dans le cas des corps radio-actifs, la transformation d'un atome plus lourd en atomes plus légers est accompagnée de production d'énergie et non d'absorption.

On voit que les points d'interrogation sont nombreux et qu'il y a encore de nombreuses questions à éclaircir. Néanmoins, il n'était pas sans intérêt d'attirer l'attention sur cette première étape d'une découverte dont les conséquences seront peut-être incalculables.

(D'après *Engineer*.) M. G.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

ÉLECTROMAGNÉTISME

ÉTUDE DE L'INDUCTION *(Suite)*

§ 59. INDUCTION MUTUELLE DE DEUX SOLÉNOIDES.

Nous avons vu, au paragraphe 48, que lorsque deux conducteurs placés l'un près de l'autre et parallèlement, si l'un d'eux est parcouru par un courant que l'on peut faire varier d'intensité, l'autre est le siège de courants d'induction ou courants induits.

Si ces deux conducteurs sont montés sur deux bobines de façon à obtenir deux solénoïdes I et H placés concentriquement (fig. 76), il se produit les mêmes phénomènes d'induction : un courant induit se développera dans la bobine induite I à chaque ouverture de l'interrupteur T, c'est-à-dire à chaque fois qu'un courant circulera ou sera interrompu dans la bobine inductrice H.

En effet, la bobine I possède un flux qui coupe les spires de la bobine H et produit, à chaque ouverture ou fermeture de l'interrupteur T, une variation de flux, par conséquent une force électromotrice d'induction dans chacune des spires de la bobine induite H. On comprend que, les deux conducteurs étant enroulés en forme de solénoïde, les phénomènes d'induction sont ainsi considérablement accrus ; nous allons voir que l'effet des deux solénoïdes l'un sur l'autre est, notamment, proportionnel au produit des nombres de spires des deux solénoïdes et qu'il est accru par la présence d'un noyau de fer doux F dans la bobine induite I.

Remarquons que la bobine H produit également un flux qui coupe les spires de la bobine inductrice I et y produit, par conséquent aussi, des forces électromotrices et des courants induits.

On a appelé ces actions de deux solénoïdes entre eux *induction mutuelle de deux solénoïdes.*

Le coefficient d'induction mutuelle s'exprime, comme le coefficient de self induction, en henrys. On le représente par L*m*.

Supposons que les deux bobines aient même longueur *l* et contiennent, la bobine I, *n* spires, la bobine H, *n'* spires et que cette dernière soit pourvue d'un noyau de fer de même longueur *l* que les deux bobines et de section S. On peut considérer cette section comme étant la section offerte au passage du flux dans les deux bobines, le flux perdu entre les deux bobines, dans les deux bobines ou dans l'air étant supposé négligeable. Nous appellerons en outre *i* le courant et Φ le flux dans la bobine I, puis *i'* et Φ' le courant et le flux dans la bobine H exprimé en unités C. G. S.

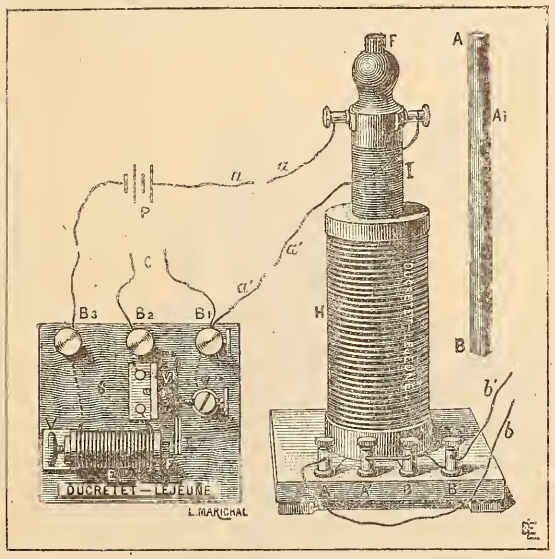


Fig. 76. — Appareil pour la démonstration de l'induction mutuelle de deux solénoïdes.

Dans la bobine I le flux Φ a pour valeur

$$\Phi = \frac{4\,\pi\,n\,i}{l} \times \mu\,S$$

Ce flux agissant sur une spire de la bobine H, le coefficient d'induction mutuelle L'*m* de ce flux sur cette spire sera, comme nous l'avons vu :

$$L'm = \frac{\Phi}{i}$$

ou

$$L'm = \frac{4\,\pi\,n}{10^9\,l} \times \mu\,S \text{ henry}$$

Le flux agissant sur les N' spires de la bobine H, le coefficient d'induction mutuelle Lm_1 de la bobine I sur la bobine H est alors

$$Lm' = n'\,L'm = \frac{4\,\pi\,nn'}{l\,10^9} \times \mu\,S \text{ henry}$$

Si l'on veut connaître le coefficient d'induction mutuelle de la bobine H sur la bobine I, le flux m' étant égal à

$$\Phi' = \frac{4\pi n' i'}{l} \times \mu S$$

on a pour une spire de la bobine I :

$$L''m = \frac{\Phi'}{i'} = \frac{4\pi n' i'}{l} \times \mu S$$

et pour les N spires de cette bobine

$$Lm_2 = \frac{4\pi n n'}{l} \times \mu S$$

On remarque que les deux coefficients Lm_1 et Lm_2 d'induction mutuelle des deux bobines sont

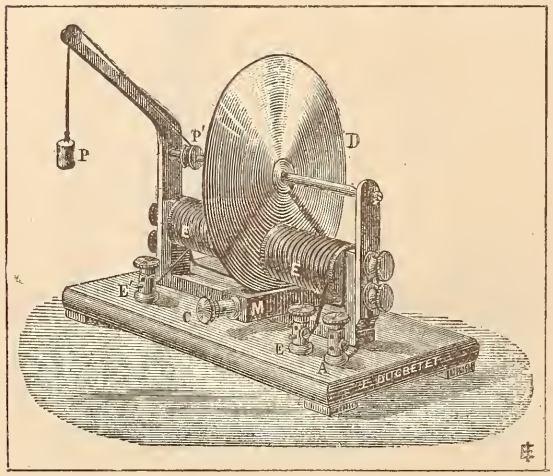


Fig. 77. — Appareil de Foucault pour la production de courants dits de Foucault.

égaux; bien entendu cela n'a lieu que dans les conditions supposées au début, c'est-à-dire sans perte de flux.

§ 60. COURANTS DE FOUCAULT.

Ces courants sont ceux qui se développent dans une masse métallique en mouvement dans un champ magnétique; ils sont une conséquence des phénomènes d'induction.

Pour mettre en évidence l'existence de ces courants, entre les deux pôles d'un électro-aimant EE' (fig. 77 et 78), on fait tourner un disque métallique D, en cuivre par exemple, autour d'un axe Ac. Tant que l'électro-aimant EE' n'est parcouru par aucun courant, le mouvement de rotation du disque est libre et le disque entraîné à une certaine vitesse par le poids P, continue son mouvement de rotation pendant un certain temps.

L'électro-aimant venant à être excité pendant le mouvement du disque, celui-ci s'arrête brusquement, comme si un frein y était soudainement appliqué.

Si l'on veut, dans ces conditions, continuer à faire tourner le disque, l'effort à appliquer au disque, par l'intermédiaire de l'axe, est alors plus grand qu'avant l'excitation de l'électro-aimant, puisque l'on a alors à vaincre un effort équivalent à celui d'un frein appliqué au disque; on constate également ce qui se passe avec un frein, c'est-à-dire l'échauffement du disque.

Le travail de rotation du disque est donc transformé en chaleur par l'intermédiaire de l'énergie électrique.

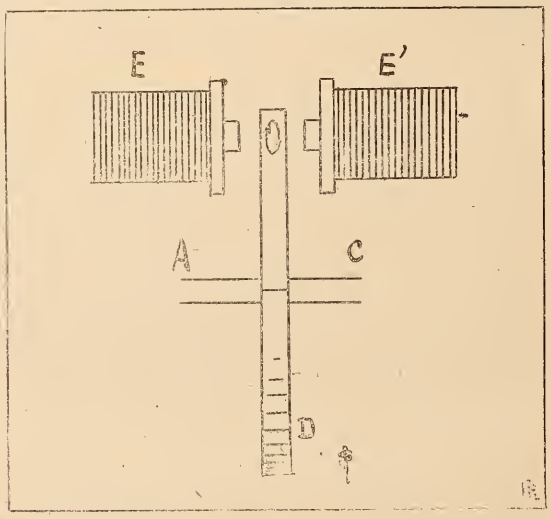


Fig. 78. — Formation des courants de Foucault dans un disque métallique.

Le disque se déplaçant entre les deux pôles de l'électro-aimant, constitue un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique. Des forces électromotrices induites se développent donc dans le disque, produisant des courants très intenses; ce sont ces derniers qui échauffent la masse du disque.

Foucault à qui est due la découverte de ces courants, a démontré que ces courants se ferment sur eux-mêmes dans l'épaisseur du disque, constituant des petits circuits en forme de tourbillon, comme il est indiqué sur la fig. 78. Ces courants produisant, en pure perte, un dégagement de chaleur sont des courants parasites.

On peut constater leur existence en plaçant un premier frotteur ou balai B sur l'axe et un deuxième B' sur la périphérie du disque, près de l'entrefer de l'électro-aimant (fig. 79). Un galvanomètre relié aux balais accusera l'existence de courants induits constamment de même sens, se dirigeant de l'axe

à la périphérie et passant par le rayon au point de contact du balai B'.

Ces courants étant nuisibles dans le fonctionnement des machines et appareils, on a cherché à les supprimer sans y parvenir complètement : on les réduit toutefois beaucoup en se basant sur la remarque suivante.

Les courants de Foucault, comme tout courant électrique parcourant un circuit, sont soumis à la loi d'Ohm :

$$I = \frac{E}{R}$$

Or, ici, la force électromotrice induite E est invariable pour une vitesse donnée du disque, ce qui est le cas des machines génératrices et moteurs

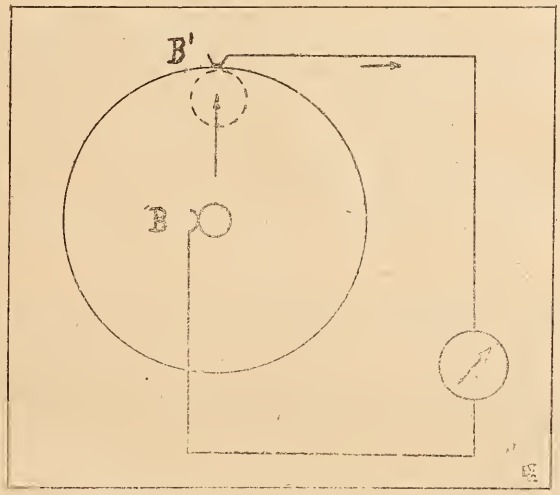


Fig. 79. — Sens de circulation des courants de Foucault.

où se développent aussi de ces courants, mais on peut modifier la résistance R du disque, de façon à s'opposer à la production des courants tourbillonnaires observés dans l'épaisseur du disque.

L'organe producteur de courant des génératrices électriques étant formé de conducteurs de cuivre portés par une carcasse en fer, le tout se déplaçant dans un champ magnétique, cette carcasse est le siège de courants de Foucault ; comme son épaisseur est toujours considérable, ces courants y auraient une intensité inadmissible, vu la faible valeur de la résistance R ou circuit offert à la circulation du courant.

Comme l'on ne peut réduire l'épaisseur de la carcasse, il suffira de la constituer de disques minces de tôle en interposant une mince couche d'isolant (papier, vernis, etc.) entre chaque disque de tôle. Les courants induits circulant parallèlement à l'axe seront ainsi interceptés d'un disque à l'autre ; mais il se formera, dans l'épaisseur de chaque disque comme nous l'avons vu, des petits courants tourbillonnaires (fig. 80) qui produiront l'échauffement de la carcasse.

On voit que, par ce moyen, on a réduit considé-

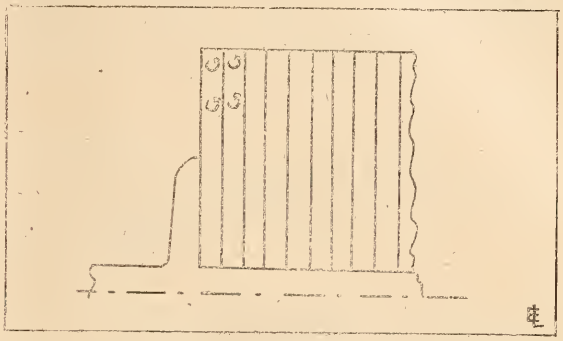


Fig. 80. — Production des courants de Foucault dans les machines.

rablement la production des courants de Foucault, mais qu'on ne pourra pas arriver à les supprimer complètement.

Pour atténuer encore ces courants, on emploie,

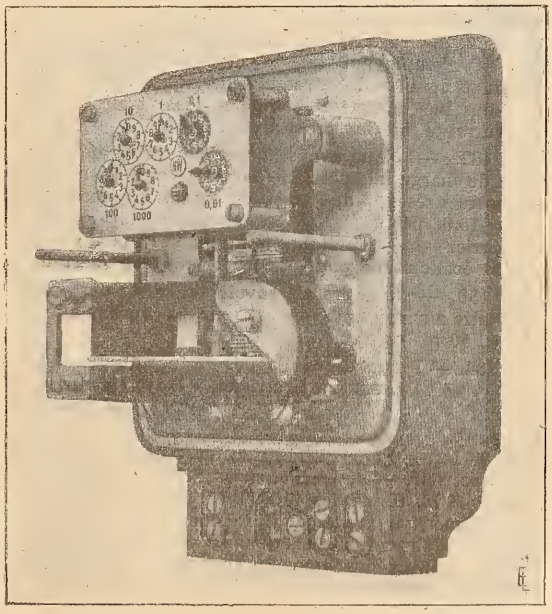


Fig. 81. — Compteur d'énergie utilisant un disque de Foucault (Cie des compteurs).

dans la construction moderne, des tôles spéciales présentant une grande résistivité.

Souvent, en pratique, au lieu d'éliminer les courants de Foucault, on les utilise pour diverses applications. Une application typique est le frein

à disque de Foucault pour l'essai de petits moteurs électriques. Il est essentiellement formé d'un disque tournant entre les deux pôles d'un électro-aimant.

On retrouve le disque de Foucault dans certains compteurs d'énergie électrique (fig. 81), dans divers relais de tableaux de distribution, dans les appareils de mesure pour l'amortissement des oscillations de l'équipage mobile, où le champ magnétique déterminant l'amortissement est produit par un aimant, etc.

R. SIVOINE.

NOTRE CONCOURS. — Envois de solutions de problèmes ayant obtenu *au moins la note 14 :*

8e série, problèmes nos 27 à 31.

MM. Baratin, Boutès, Chardon, Compagnion, Darvillé, Delattre, Hanot, Grégoire, Jacquet, Jeannet, Labbé, Lagrange. Lamy, Leclerc, Marchand. Marzolin, Merlat, Pacaut, Picherit, Rau, Riche, Rouval.

9e série, problèmes nos 32 à 36.

MM. Baratin, Boutès, Chardon, Compagnion, Darvillé, Delattre. Hanot, Grégoire, Jacquet, Jeannet, Labbé, Lagrange, Lamy, Leclerc, Marchand, Marzolin, Merlat, Pacaut, Picherit, Rau, Riche, Rouval.

TRIBUNE DES ABONNES

DEMANDES

N° 129. — On demande des adresses de fabricants de fils résistants pour chauffage électrique, on demande des offres pour quantités. — H.-J. Lyon

N° 130. — Quelles maisons construisent les redresseurs à *vibreur* autre que le système Soulier. Adresser catalogues.

N° 131. — J'ai un poste de T. S. F. pour la réception des signaux horaires, etc., montage en Oudin avec galène, je désire amplifier ma réception tout en gardant mon montage Oudin galène, en ajoutant une lampe à 3 électrodes grille, plaque, filament, voulez-vous me donner le schéma de montage qui me donnera les meilleurs résultats, tout en n'employant que 4 volts pour le filament de chauffage et 40 volts circuit grille-laque. Si le montage que vous me désignerez comporte des transformateurs où pourrai-je me les procurer ?

N° 132. — Nous avons actuellement à mesurer la perte de charge kilométrique dans les voies de roulement de notre réseau de traction (traction monophasée 6.600v-16,66 pér.).

Pourriez-vous m'indiquer la méthode la plus simple et la plus économique pour effectuer une telle mesure.

N° 133. — Je désirerais savoir s'il existe des procédés pour faire marcher une sonnerie sur du courant alternatif 110 v. 50 p.

N° 134. — Demande catalogues de fournitures d'électricité. M. ANGER électricien à Roye (Somme).

RÉPONSES

N° 73 R. — Pour l'utilisation du vent à la production de l'électricité, voir : l'*Electricien* 28 novembre et 5 décembre 1908, 16 janvier 1909.

— *Les moteurs à vent*, par E. Lémonon, 1 broch., 3 fr. 50.

— Notice sur la turbine aérienne Escaffre, 7, rue Berteaux-Dumas, Neuilly-sur-Seine. La turbine de ce système installée à la Foire de Paris 1920, faisait de 2 à 12 HP, soit une moyenne de 6 HP.

N° 127. R. — Les articles qui viennent de paraître dans l'*Electricien* sur le calcul des rhéostats vous donnent une bonne partie des opérations nécessaires. Reste donc la question du refroidissement qu'il est d'ailleurs difficile de calculer d'une façon très précise sans expérience préalable

Il s'agit de trouver l'instant à partir duquel la chaleur communiquée au corps est égale à la *chaleur rayonnée*. Cette chaleur rayonnée est proportionelle à la surface du corps à la différence des températures du corps et de l'ambiance. Suivant que la surface est noire ou blanche, rugueuse ou lisse, elle rayonnera plus ou moins de chaleur.

Nous aurons donc en calories :

$$0,24\ RI^2 = C\ O\ T.$$

quantité produite = quantité rayonnée.

C = constante du corps ; O = surface ; T = élevation au-dessus de l'ambiance.

Voici C pour pour quelques corps :

Cuivre	blanchi...	0,0006	noirci.	0,00077
Fer	— ...	0,0006		
Plomb	— ...	0,000209		
Nickeline	— ...	0,000146		

Vous aurez encore à fixer T, valeur que vous ne voulez pas dépasser.

De plus, les dispositions de vos résistances peuvent faciliter plus ou moins leur refroidissement, ainsi que le milieu dans lequel elles sont plongées.

Le calcul *très précis* est donc difficile sans expérience préalable.

FORNARO.

N° 132 R. — Nous avons publié les indications concernant la mesure des joints de rail dans *L'Electricien* :

23 juillet 1910. — Appareil Carpentier ;

15 mai et 1er juin 1920. — Nouveaux appareils et méthodes de mesure des joints de rails. etc.

En ce qui concerne le prix des appareils, vous pouvez demander de notre part les notices et tarifs des appareils pour mesure des joints de rails aux constructeurs :

Compagnie des Compteurs, 15, boulevard de Vaugirard, Paris ; Carpentier, 20, rue Delambre, Paris.

N° 133 R. — Il existe de nombreux systèmes de petits transformateurs permettant de monter les sonneries sur courant de lumière.

Les principaux constructeurs sont :

Transformateur Ferrix, 38, boulevard St-Michel, à Paris.
— Sir, 22, rue Colonnes-du-Trône, à Paris.
— Magnetic, MM. Apied et Boutin, 62, rue Bobillot, à Paris.
— As de Careau, M. Perrin, à Bayeux (Calvados).

Vous pouvez demander les notices de notre part à ces fabricants.

Le Gérant : L. DE SOYE.

PARIS. — L. DE SOYE. IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, Ve.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1261. 1er Octobre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION :

MM.
Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien;
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

MM.
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique;
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

Electrification des chemins de fer

DE L'ÉTAT BELGE

C'est un signe des temps de constater que des pays comme l'Angleterre et la Belgique où le charbon est abondant et relativement bon marché et où il existe très peu de houille blanche, songent à électrifier, partiellement tout au moins, leurs lignes de chemins de fer en utilisant du courant produit dans des usines thermiques, *c'est-à-dire brûlant du* charbon. *Le paradoxe n'est qu'apparent, et nous allons examiner ici cette question.*

Les grosses unités des supercentrales thermiques modernes ont des rendements très élevés. La puissance des turbines atteint actuellement 50.000 kilowatts et la progression ne paraît pas arrêtée. Des consommations de 4 kg. 200 à 4 kg. 500 de vapeur par kilowatt-heure sont actuellement possibles pour des grosses unités avec de la vapeur à 25 kilogrammes. Ces consommations diminueront encore quand on augmentera le timbre et la surchauffe. On envisage, aujourd'hui comme possibles le timbre de 50 kilogrammes et une température de surchauffe de 350 à 400 degrés.

La locomotive à vapeur au contraire, même la plus moderne et la mieux construite, est une mangeuse de charbon. Tout d'abord, elle fonctionne à échappement libre. En second lieu, alors que le tracteur électrique ne consomme du courant qu'au moment où il travaille effectivement, la locomotive à vapeur brûle du charbon pour la mise en pression, aux arrêts souvent prolongés dans les gares, à la rentrée au dépôt où se fait la mise en veilleuse pour éviter un nouvel allumage et une nouvelle mise en pression, etc. Aussi, même en admettant la perte très élevée de 50 % entre le tableau de distribution de l'usine haute tension et la jante des roues des tracteurs, l'économie de combustible sera-t-elle considérable. Les Américains vont jusqu'à admettre qu'elle atteindra les deux tiers du charbon total consommé par les locomotives à vapeur sur les lignes électrifiées. Sans aller tout à fait jusque-là, on peut tabler sur une économie supérieure à 50 %.

Il résulte de ce qui précède que les lignes les plus intéressantes à électrifier sont celles qui

consomment le plus de charbon, c'est-à-dire celles qui ont le trafic le plus intense. Or, elles sont établies, en général dans des régions relativement plates ; elles réunissent et desservent de grandes agglomérations urbaines et traversent souvent des pays dépourvus de chutes d'eau. Comme il vaut mieux économiser la moitié d'une grosse dépense que la totalité d'une petite, on arrive à cette conclusion, qui choquera peut-être certains esprits encore attardés dans les idées anciennes, qu'il est souvent aussi intéressant d'électrifier les lignes à fort trafic, en produisant le courant avec du charbon, que de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur des lignes à fortes déclivités, à faible trafic, établies dans des pays possédant de la houille blanche.

Obéissant à des considérations de ce genre, les dirigeants des chemins de fer de l'Etat belge se proposent d'électrifier en trois étapes les lignes suivantes figurées sur la carte ci-contre (fig. 1) :

1° La ligne de Bruxelles à Anvers ;

2° La ligne du Luxembourg avec ses embranchements, particulièrement celui de Marloie à Liége et celui de Marbehan-Lamorteau-Athus ;

3° Les lignes qui rayonnent de Bruxelles :

Bruxelles-Nord à Gand-Saint-Pierre et Gand-Sud,

Bruxelles-Nord à Louvain,

Bruxelles-Nord à Teroueren,

Bruxelles-Midi à Charleroi,

Bruxelles-Midi à Braine-le-Comte, avec l'embranchement de Hal-Enghien,

La banlieue-Ouest de Bruxelles.

Le système d'alimentation à courant continu a été adopté comme s'adaptant le mieux aux lignes de faible longueur et à fort trafic qui caractérisent le réseau belge. La tension de distribution n'est pas encore fixée, elle dépendra du mode de captation de courant, par troisième rail ou par fil aérien. Le troisième rail présente peut-être une plus grande sécurité d'exploitation, mais il limite actuellement la tension de service à 1500 volts environ. Si l'on choisissait 2400 ou 3000 volts, on emploierait une prise de courant aérienne et des dispositions seraient prises pour que les lignes aériennes ne gênent en rien la signalisation. Notons à ce propos que la Commission d'Electrification des chemins de fer français s'est prononcée en faveur de la tension de 1500 volts. Il est possible que les ingénieurs belges se rallient à cette décision.

Une sous-commission spéciale a été créée en Belgique pour étudier la question de la fourniture de l'énergie électrique non seulement aux chemins de fer, mais aussi à l'ensemble des services d'éclairage et de force motrice. Les chemins de fer, quand ils seront électrifiés, constitueront les artères d'une distribution qui desservira la région et favorisera les petites industries. En plus des avantages économiques qui seront la conséquence d'une telle extension, il en résultera une économie de combustible et une meilleure utilisation de celui qui sera consommé.

I. LIGNE DE BRUXELLES A ANVERS

L'électrification de cette ligne se fera en trois phases successives.

Dans une première étape, le service des voyageurs sera assuré par des trains composés d'une voiture motrice et de deux remorques, la capacité d'un train étant de 550 places assises. L'automotrice sera équipée avec 4 moteurs d'une puissance unihoraire de 275 chevaux. Tout le matériel roulant sera de construction métallique, ou semi-métallique et monté sur bogies.

Ces trains sont du même type que ceux en service sur les chemins de fer électriques de Londres, type particulièrement favorable au service intense des lignes de Bruxelles à Anvers. Ils seront réversibles et la commande se fera soit de la tête soit de la queue du convoi, ce qui supprimera les manœuvres, les causes d'embouteillage et de retard aux gares terminus.

Au lieu des 34 trains qui existaient journellement avant la guerre, on prévoit 38 trains de voyageurs dans chaque sens sur une seule ligne à double voie entre Bruxelles-Nord et Anvers-Central. La capacité actuelle des gares et des voies ne permettrait pas de faire davantage. La section à électrifier comprend 87,3 kilomètres de simple voie et 15,3 kilomètres de voies secondaires.

Dans une deuxième phase, après l'achèvement de gros travaux actuellement en cours et comprenant en particulier la reconstruction de la gare de Malines, une extension plus grande sera donnée au service des voyageurs entre Bruxelles et Anvers.

Enfin dans une troisième étape, le raccordement entre Bruxelles-Nord et Bruxelles-Midi sera électrifié et une seconde ligne à double voie entre Bruxelles et Anvers sera équipée électriquement et réservée aux trains rapides et internationaux qui seront remorqués par locomotives électriques. L'autre ligne à double voie sera utilisée par les trains de marchandises et les trains-omnibus de voyageurs. Cette séparation des trains à forte et à faible vitesse facilitera considérablement l'exploitation en permettant d'augmenter le nombre de trains.

Le service prévu comprendra journellement et dans chaque direction 54 trains express lancés à 20 minutes d'intervalle, 18 trains rapides séparés par des intervalles de 1 heure et 22 trains-omnibus. Les trains directs iront de Bruxelles-Nord à Anvers-

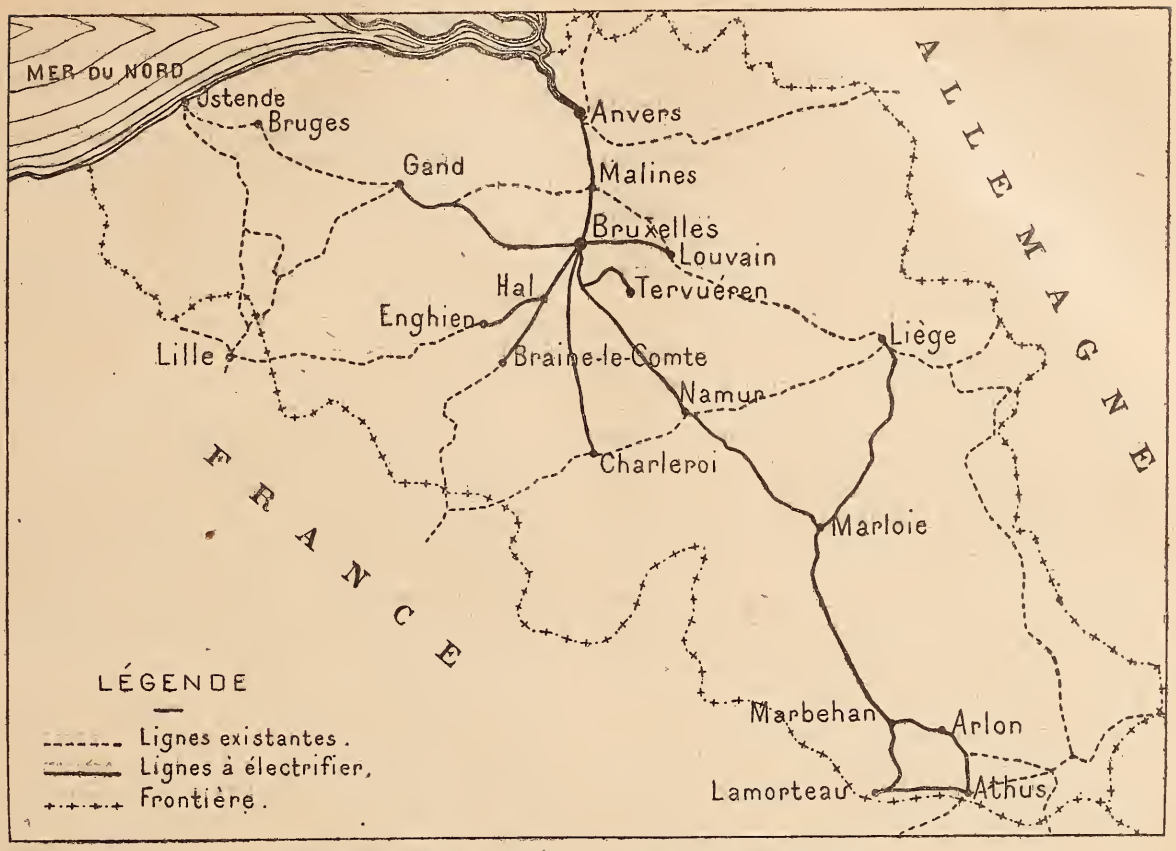


Fig. 1. Plan d'électrification des chemins de fer de Belgique.

Central en 32 minutes, réalisant ainsi une vitesse moyenne de 83 kilomètres à l'heure, la vitesse maxima étant de 90 kilomètres à l'heure. Ces chiffres ne sont que légèrement supérieurs à ceux réalisés avant guerre avec le service à vapeur : le but recherché est, un effet, moins d'accroître la vitesse que d'améliorer le service en assurant des trains fréquents à intervalles réguliers, la périodicité des trains étant particulièrement appréciée du public qui n'a pas à se préoccuper de consulter l'horaire.

Les trains express et omnibus franchissent la distance entre Bruxelles et Anvers en 37 et 56 minutes (non compris les arrêts dans les stations) au lieu de 54 et 72 minutes pour les mêmes trains assurés à la vapeur avant la guerre. Ces chiffres font ressortir la forte augmentation de vitesse moyenne due à la rapidité de démarrage des trains électriques et qui constitue un des gros avantages de la traction électrique sur la traction à vapeur. La distance entre Bruxelles-Midi et Bruxelles-Nord sera franchie en huit minutes.

Locomotives électriques. — Pour les trains internationaux, on se propose d'employer des locomotives d'une puissance de 2.200 chevaux au régime unihoraire. Pour les trains de marchandises, on envisage des locomotives d'une puissance de 1650 chevaux; ces machines devront pouvoir remorquer en terrain plat un poids de 1.000 tonnes à la vitesse de 45 kilomètres-heure. Toutefois la vitesse de service des trains de marchandises variera entre 17 et 45 kilomètres-heure, à cause des exigences du service des trains d'une autre nature circulant sur les mêmes voies.

L'électrification sera étendue à la ligne à double voie reliant Malines à Anvers-Sud et aux grands dépôts de Schaerbeck, Muysen, Zurenberg, Austruweel, Kiel, Anvers-Sud, etc. Les locomotives à vapeur seront conservées pour les manœuvres et le triage des trains. (Cette décision n'est probablement que provisoire, car c'est dans les services auxiliaires que la traction électrique présente les plus gros avantages sur la traction à vapeur, la consommation de combustible étant énorme par rapport au travail effectif produit). La longueur des lignes électrifiées atteindra 400 kilomètres de simple voie.

L'ensemble de toutes ces lignes sera alimenté par les sous-stations de Schaerbeck, Malines et Berchem. On prévoit un trafic journalier de 3.700.000 tonnes kilométriques pour les voyageurs et de 8.200.000 tonnes kilométriques pour les marchandises, ce dernier chiffre étant basé sur une augmentation de 50% du trafic de 1914. La consommation annuelle d'énergie haute tension sera de 100 millions de kilowatts-heure, correspondant à une consommation de 30 watts-heure par tonne kilométrique.

II. LIGNES DU LUXEMBOURG

Sur les lignes du Luxembourg, le service des voyageurs sera assuré par des rames automotrices, (analogue à celles de la ligne de Bruxelles à Anvers), pour les trains à faible parcours et à arrêts fréquents et par des locomotives pour les trains internationaux et express. La vitesse moyenne de tous ces trains sera de 70 kilomètres-heure et la vitesse maxima de 90 kilomètres-heure. Les trains express Bruxelles-Arlon auront ainsi une vitesse moyenne notablement supérieure à celle des trains à vapeur actuelle, qui est de 62 kilomètres-heure. On utilisera pour les trains internationaux et express des locomotives d'une puissance unihoraire d'au moins 2.200 chevaux.

A cause des fortes rampes qui existent sur ces lignes, les trains de marchandises de 1.000 tonnes nécessitent l'emploi de deux locomotives accouplées semblables à celles utilisées sur la ligne de Bruxelles à Anvers, ce qui permettra d'atteindre une vitesse moyenne de 40 kilomètres-heure et une vitesse maximum de 45 kilomètres-heure. En 1914, la vitesse moyenne des trains de marchandises, avec la traction à vapeur, n'était que de 33 kilomètres-heure. Cet accroissement de vitesse permettra d'augmenter la capacité de trafic des lignes. En tablant sur une augmentation de trafic de 100 % par rapport à 1914, on estime que la consommation d'énergie haute tension atteindra 400 millions de kilowatts-heure.

III. LIGNES RAYONNANT DE BRUXELLES

L'électrification de ces lignes est justifiée par l'accroissement continuel de leur trafic et par la nécessité d'améllorer les services de banlieue.

Avantages principaux qui résulteront de l'électrification.

En ne tablant que sur une économie de 25 % du charbon brûlé dans la traction à vapeur, l'électrification complète des lignes de Bruxelles à Anvers, services des voyageurs et marchandises, entraînerait déjà une économie de 48.000 tonnes par an. Mais comme nous l'avons fait remarquer au commencement de cet article, elle sera beaucoup plus considérable et atteindra vraisemblablement 100.000 tonnes.

On économisera en outre le combustible qui serait brûlé pour transporter ce charbon et en libérera ainsi pour un autre usage le matériel roulant correspondant.

La même remarque s'applique à l'eau véhiculée dans les tenders et qui atteint 1.000.000 de mètres cubes pour la seule ligne de Bruxelles à Anvers. Le prix de revient de cette eau est d'environ 0 fr. 10 le mètre cube.

Un service donné peut être assuré avec moins de locomotives à vapeur, d'où résulte immédiatement une meilleure utilisation du matériel roulant. Un tracteur électrique est en effet immédiatement disponible pour la mise en tête. Une locomotive à vapeur, au contraire, doit stationner dans les dépôts pour la mise en pression, pour prendre l'eau et le charbon, pour le nettoyage, pour le grattage des tubes de la chaudière, etc.

D'autre part, la traction électrique permet d'obtenir une accélération beaucoup plus grande et de réduire les temps de parcours.

Pour toutes ces raisons, la durée de parcours annuel d'une locomotive électrique est considérablement plus élevée que celle d'une machine à vapeur. D'après les renseignements fournis sur l'électrification du Chicago-Milwaukee-Saint-Paul, en Amérique, 42 locomotives électriques ont remplacé 112 locomotives à vapeur. Il ne faut pas oublier cependant qu'à puissance égale une locomotive électrique coûte une fois et demie à deux fois plus cher qu'une locomotive à vapeur.

Avec la traction électrique, le poids mort remorqué est réduit au minimum, par suite de la suppression du tender. Le poids total de la machine peut être utilisé pour l'adhérence.

L'effort physique demandé pour conduire un train électrique est presque nul : le wattmann travaille avec un confort inconnu sur une machine à vapeur. Sur cette dernière, la présence de deux agents mécanicien et chauffeur, est indispensable. Avec la traction électrique, le second agent pourra être supprimé ; le chef de train stationnant dans le fourgon attenant à la locomotive ou à l'automotrice, pourra remplacer le wattmann en cas de défaillance. On économisera donc automatiquement la moitié du personnel de conduite. Etant donné les exigences actuelles de la main-d'œuvre, on conçoit aisément que ce n'est pas là un des moindres avantages de la traction électrique.

Dans le même ordre d'idées, on supprime les nombreux agents employés dans les prises d'eau

et les dépôts pour la manutention du charbon et des scories, pour la mise en pression et en veilleuse des chaudières, pour le grattage des tubes des chaudières, etc. Envisagé à ce point de vue, l'emploi de la traction électrique amènera une véritable révolution dans l'exploitation des chemins de fer.

Enfin la suppression des ponts tournants, des parcs à combustibles, des réservoirs d'eau, libérera tout le long de la ligne des terrains importants qui pourront être affectés à d'autres services.

A tous ces points de vue, l'électrification du réseau belge ne manquera pas de fournir des renseignements extrêmement intéressants ; elle sera suivie attentivement par tous ceux que passionne l'emploi de ce nouveau monde de traction.

A. Tétrel, *Ingénieur E. S. E.*

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Réception des ondes entretenues

Les progrès de la T. S. F. sont surtout dus aux ondes entretenues. Produites facilement par des arcs, des alternateurs à haute fréquence ou des lampes à trois électrodes, il est plus difficile de les recevoir directement. Nous donnons ici les dispositifs pour cette réception (1).

Dans un article précédent, nous avons montré quels étaient les dispositifs employés pour recevoir les ondes amorties. On sait qu'il était nécessaire d'adjoindre à ces dispositifs un petit appareil appelé détecteur et destiné à ne laisser passer les courants que dans un seul sens. Comme l'émission est formée de trains d'onde de très faible durée séparés par des intervalles de repos très longs, il se produira dans le récepteur téléphonique une série de chocs de même sens qui déformeront la plaque vibrante ; les chocs rapides dus à chaque train d'oscillations pouvant être considérés comme un choc unique.

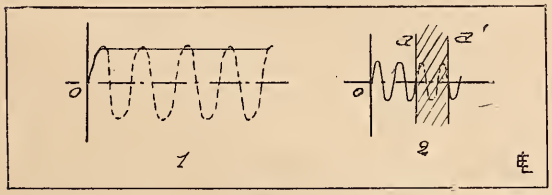


Fig. 1.

Si les ondes sont entretenues (fig. 1-1), le courant persistera autant que le passage des ondes, la membrane sera attirée au début du signal et restera en position d'attraction pendant toute la durée de ce signal. Le récepteur téléphonique ne rendra par conséquent aucune son, tout au plus entendra-t-on le commencement et la fin du signal. Il faudra donc adjoindre aux postes récepteurs d'ondes amorties des systèmes spéciaux permettant la réception des ondes entretenues.

Les plus employés sont le tikker et l'hétérodyne.

(1) Voir *l'Electricien*, 31 juillet 1919, 15 janvier 1920.

Tikker. — Un procédé ancien et très simple consiste à couper périodiquement le circuit du téléphone ou le circuit récepteur (fig. 1-2). Dans ce cas, un petit interrupteur intercalé dans le circuit découpe les oscillations entretenues reçues, en une série de trains successifs séparés par des intervalles *aa'*.

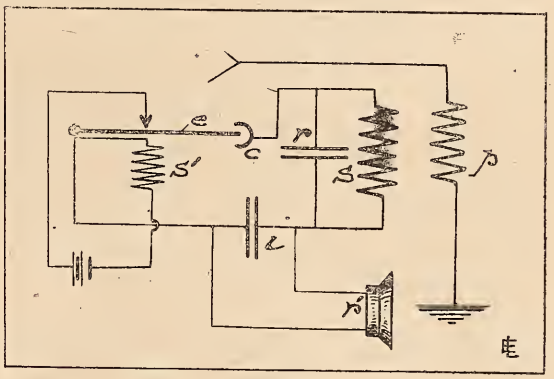


Fig. 2.

Ce moyen est en principe très simple et on retrouve le fonctionnement décrit précédemment pour les ondes amorties. Il a, par contre, le désavantage de diminuer l'énergie reçue par le téléphone (énergie perdue pendant les coupures) ; il est donc indispensable d'obtenir des coupures rapides.

Le tikker de Poulsen utilise beaucoup mieux l'énergie et ne nécessite pas l'emploi d'un détecteur.

Dans le circuit secondaire S d'un récepteur (fig. 2) et aux bornes du condensateur *r*, on monte un petit interrupteur *e*, *c* commandé par un électro-aimant *s'* et un condensateur *i* de capacité beaucoup plus

grande que celle du condensateur r du circuit secondaire ($r = \frac{1}{10^3} - i = \frac{1}{10^2}$). Aux bornes du condensateur i, est monté le téléphone r'.

Si le contact en c est ouvert, le circuit secondaire s oscille et le condensateur r se charge. Au moment où le contact en c se ferme, le condensateur r se décharge dans le condensateur i par suite du désaccord du circuit secondaire. Le contact se rompt en c au moment ou i possède encore sa charge, n'ayant pas eu le temps de se décharger dans le circuit, il se décharge alors dans le récepteur téléphonique r'. Il se produit alors un son dans le récepteur r' à chaque coupure.

Il est assez facile de construire un interrupteur destiné à être intercalé dans un circuit de réception ou à fonctionner en tikker, mais les réglages sont très délicats surtout dans le second cas. Il faudra pouvoir obtenir des vibrations variables et très rapides. On pourra utiliser une sonnerie trembleuse en diminuant l'inertie (fig. 3) de la lame vibrante a

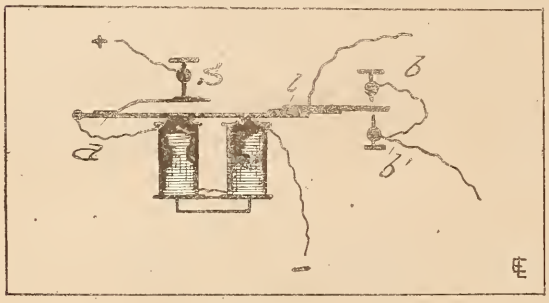


Fig. 3.

et le déplacement. On montera à l'extrémité l une petite lame fine qui se déplacera entre deux bornes b et b'. Cette lame pourra être isolée ou non de la lame vibrante l.

Les réglages seront obtenus à l'aide de la borne s.

Battements. — Une autre méthode consiste à faire agir à proximité du récepteur un organe générateur d'ondes entretenues.

Si les fréquences des deux oscillations sont très voisines, il se produit des phénomènes identiques à ceux que l'on observe en acoustique et qui sont appelés battements.

La somme de deux courants périodiques de fréquence f et f_1, donne naissance à un courant résultant dont l'amplitude varie périodiquement avec la fréquence :

$$f - f_1$$

On peut en effet effectuer graphiquement la somme de deux courants de fréquence f et f_1, on constate (fig. 4) qu'en certains points les amplitudes étant de même signe s'ajoutent, tandis qu'en d'autres, elles sont de signe contraire et se retranchent.

Au moment où elles s'ajoutent, l'amplitude résultante est double, tandis qu'elle est nulle quand elles se retranchent.

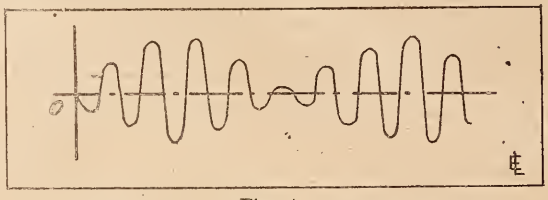


Fig. 4.

Ce courant redressé par détecteur, pourra être entendu dans un récepteur téléphonique.

Il suffira donc, en principe, de faire agir un générateur d'ordres entretenues à très petite distance du poste récepteur. On réglera alors les circuits du générateur de telle façon que la fréquence des oscillations engendrées se rapproche de celle des oscillations reçues.

On emploie pour cela des organes spéciaux appelés hétérodynes que l'on constitue facilement à l'aide de tubes à vide à trois électrodes.

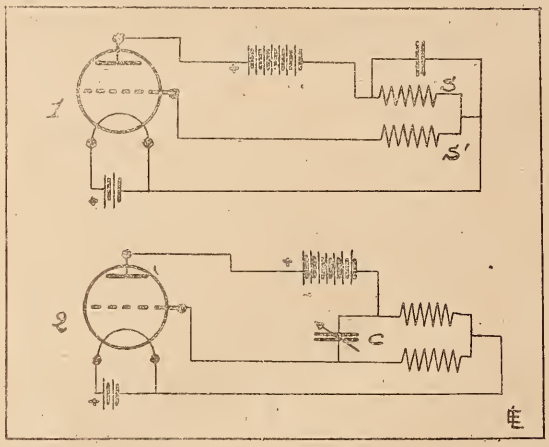


Fig. 5.

Hétérodyne. — Considérons d'abord le fonctionnement d'un tube à vide à trois électrodes en générateur d'ondes entretenues.

On sait d'une part que, si on arrive à donner à chaque oscillation amortie la quantité d'énergie perdue pendant l'oscillation précédente, on obtiendra une oscillation entretenue. On peut réaliser cet apport d'énergie à l'aide du montage 1 (fig. 5). Si la lampe est allumée, un courant circulera dans le circuit de plaque et provoquera des oscillations dans de circuit oscillant s; ces oscillations tendront à

s'amortir, mais si l'on approche une bobine *s'* intercalée dans le circuit de grille, l'induction produite par *s* sur *s'* fera varier le potentiel de la grille. De ce fait, un certain courant passant dans le circuit plaque fournira justement l'apport d'énergie nécessaire à l'entretien des oscillations.

Pour que l'entretien se produise, il faut que le coefficient d'induction mutuelle des deux bobines *s* et *s'* soit négatif. Il faut en outre que la couplage entre les deux bobines ne soit pas inférieur à une limite dépendant des constantes de la lampe et des résistances des éléments du circuit oscillant.

Dans les hétérodynes le couplage ne se fait généralement pas par induction, mais plutôt électriquement à l'aide d'un condensateur *c* (2). La disposition représentée en 2 permettra un entretien très stable pour des longueurs d'ondes variables. C'est justement ce que l'on désire pour le fonctionnement en hétérodynes.

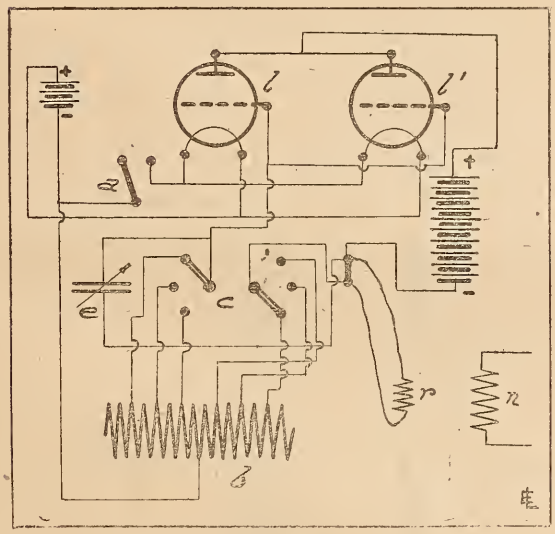


Fig. 6.

On admet généralement un fort couplage pour l'onde la plus courte; de cette façon on n'amène pas le décrochage pour des longueurs d'ondes variables.

La figure 6 représente une hétérodyne complète, composée de deux lampes qui peuvent être montées en parallèle à l'aide de l'interrupteur *a*.

Le circuit oscillant composé de la self *b* et du condensateur variable *e* pourra produire des longueurs d'onde très différentes, soit par modification de la valeur de la self ou par variation de la capacité *e*.

Enfin une bobine auxiliaire ou bobine exploratrice *r*, qui peut être court-circuitée, agit sur le récepteur *n* du poste. Il suffit souvent d'approcher l'hétérodyne du poste en ayant soin de disposer les bobines *b* et *n* dans le prolongement l'une de l'autre.

Le réglage est très simple. Après avoir allumé les lampes, on varie lentement la capacité *e* pour modifier la longueur d'onde du circuit oscillant. Pour une certaine valeur, on obtient un son dans le téléphone, dont la hauteur peut être choisie (suivant la valeur de f-f_1). Le son disparaît à l'accord précis, c'est-à-dire quand $f = f'$.

Il est extrêmement simple de construire soi-même une hétérodyne, si l'on possède les divers éléments représentés figure 6.

Pour les *n* variant entre 500 et 3.000, la bobine *b* contiendra environ 400 spires de fil de 8 à 9/10 bien isolé, et le diamètre sera environ de 9 centimètres.

Le commutateur *c* divisera la bobine en tranches égales.

Le condensateur *e* pourra être formé d'une capacité fixe de 8/10.000 m. f. et d'une capacité variable d'environ 0,0005 m. f.

Le tout peut être disposé avec goût dans une boîte en bois paraffiné.

Autodyne. — On construit aussi des appareils formant détecteur et hétérodyne. Ils sont simplement formés d'une lampe montée en détecteur et d'un enroulement intercalé dans le circuit de plaque et agissant par induction sur la bobine de self du circuit secondaire.

Dans ces appareils, il n'y a évidemment pas de réglage à effectuer sur l'hétérodyne.

P. Maurer.

La nouvelle station de T. S. F. de Croix d'Hins.

La station La Fayette, dont la construction fut commencée en 1917 pour les services du corps expéditionnaire américain, vient de faire ses premiers essais de transmission.

Ce poste, édifié à Croix d'Hins, à 23 kilomètres au sud de Bordeaux, comprend une antenne formée d'une nappe de 20 fils de 40/10, d'une longueur de 1.500 mètres et couvrant une surface de près de 70 hectares. Cette antenne est soutenue par 8 pylones métalliques, en forme de pyramides triangulaires de 60 mètres de côté à la base, et 250 mètres de hauteur, espacés de 400 mètres. La puissanee des génératrices est de 1.000 kilowatts, alimentant un arc et un alternateur à haute fréquence. La longueur d'onde est de 20.000 mètres, et le train d'ondes « bouclera » le tour de la terre.

L. F.

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Les contacts massifs avec soufflage magnétique.

L'emploi de plus en plus répandu de certains appareils, tels que : contacteurs automatiques, controllers, coffrets de manœuvre ayant à assurer un service dur de coupures sous puissance, tout en ayant un encombrement réduit, a obligé les constructeurs à modifier les procédés de contact généralement employés jusqu'à présent.

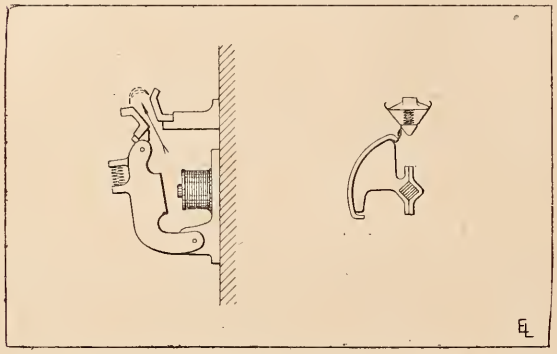


Fig. 1. Formation de l'arc de rupture : *à gauche*, dans un contacteur ; *à droite* sur une touche de controller.

Dans ces appareils, les balais lamellés ne peuvent convenir. Ils sont trop fragiles et nécessitent l'adjonction de pare-étincelles devant absorber la totalité de l'arc de rupture.

On emploie maintenant de plus en plus les contacts massifs, avec une forte pression d'écrasement et une faible course de rupture. On obtient ainsi des appareils d'encombrement très réduit ; la forte pression supportée par les contacts permet une densité de courant importante sans crainte d'échauffement.

Fig. 2 Fig. 3

La partie des contacts devant recevoir l'arc est établie pour former cornes ; l'arc de rupture est chassé sur ces cornes, dès sa formation, soit par sa force ascensionnelle propre due à l'air chaud quand les contacts sont verticaux, soit par un soufflage approprié quand les contacts sont horizontaux (controllers), soit par ces deux moyens à la fois, ce qui est la réalisation la meilleure. La partie principale des contacts se trouve donc protégée contre les gouttes de fusion et toute détérioration résultant de la rupture. (fig. 1).

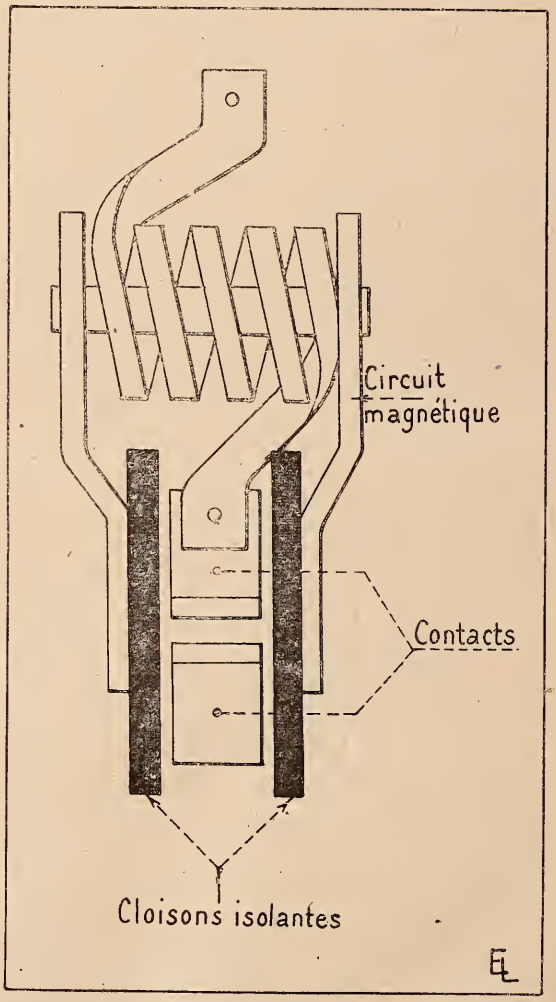


Fig. 4. Disposition du soufflage dans un contacteur.

En pratique, pour permettre une faible course de rupture, et étant donné les effets destructifs de l'arc sur le cuivre, il est indispensable d'employer le soufflage magnétique.

On en connaît le principe : tout courant placé

dans un champ magnétique est soumis à une force proportionnelle à la valeur du champ, à la valeur du courant, à sa longueur, et dirigée suivant la règle des trois doigts. Sollicité par cette force, l'arc monte le long des cornes et se coupe.

Le champ magnétique est produit soit par une bobine série, soit par une bobine dérivation.

Bobine série. —Elle est parcourue par le courant principal. Le conducteur est enroulé soit en hélice, soit en spirale. Dans ce dernier cas, on prend un cuivre plat que l'on roule sur lui même après avoir collé une bande de carton sur une de ses faces (fig. 2).

Le dispositif par bobine série est le plus employé pour les intensités ne dépassant pas 100 à 150 ampères; le soufflage est maximum au début de la rupture.

Bobine en dérivation. — C'est une bobine à fil fin branchée entre les contacts. Pendant la rupture, il circule dans cette bobine un courant proportionnel à la d.d. p. entre les contacts, c'est-à-dire à la longueur de l'arc. Le soufflage est donc maximum en fin de rupture (fig. 3)

Comme la bobine n'est sous courant que pendant un temp très court, elle peut être chargée à une forte densité.

Le circuit magnétique doit être tel que le flux se ferme le plus possible par les contacts. La disposition la meilleure est la suivante, généralement employée sur les nouveaux contacteurs: Chaque paire de contacts a sa bobine de soufflage, placée entre deux flasques en tôles qui vont en se rapprochant jusqu'au point de rupture. Deux plaques de fibro-ciment, fixées à l'intérieur des tôles forment une cage qui limite tout déplacement de l'arc, et constituent en même temps une cheminée canalisant l'appel d'air dû à la chaleur de l'arc, dont la destruction se trouve ainsi facilitée. (fig. 4).

Les contacts massifs ne conviennent pas pour les appareils à forte intensité devant rester en circuit et se manœuvrant à la main, tels que les gros disjoncteurs. La manœuvre en serait impossible, étant donnée la forte pression d'écrasement nécessaire.

Ils donnent d'excellents résultats dans tous les autres cas, à condition que soit réalisées les deux dispositions déjà énoncées.

1° Forme appropriée des contacts, évitant que l'arc se coupe sur leur partie principale, celle où se fait le passage du courant.

2° A partir d'une certaine puissance, soufflage magnétique assurant la destruction rapide de l'arc.

M. Bizot.

PRATIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

Montage en zig-zag de transformateurs.

Nous répondons ici à la question posée par un lecteur sur le montage en zig-zag de transformateurs, dispositif généralement peu connu.

Ce montage s'emploie plus particulièrement dans les circuits d'éclairage des réseaux triphasés, circuits où il est généralement rare que la charge puisse être également répartie entre les trois phases.

Pour maintenir la tension sur les trois phases, alors même qu'elles sont inégalement chargées, on peut employer le montage triangle-étoile avec ou sans fil neutre, figures 1 et 2.

Dans ces montages, l'enroulement haute tension du transformateur est alors connecté en triangle et l'enroulement basse tension est monté en étoile.

Dans le cas de la figure 1, les lampes sont montées entre les fils de phase et le fil neutre; dans le cas de la figure 2, les lampes sont branchées entre chaque fil de phase.

Dans la disposition de la figure 2, si la tension est, par exemple, de 200 volts, du côté basse tension du transformateur, les lampes montées entre les phases correspondantes devront être choisies pour 200 volts.

Dans le cas de la figure 1, les lampes montées entre le fil neutre et les fils de phases devront être choisis pour

$$\frac{200}{\sqrt{3}} = 115 \text{ volts.}$$

Le montage étoile de la haute et de la basse tension n'est pas recommandable à cause du déséquilibrage auquel il donne lieu dans la généralité des cas où il s'agit d'éclairage.

Toutefois, il convient d'observer que le montage en triangle de la haute tension procure un inconvénient qui n'existe pas dans le montage en étoile des deux enroulements, la puissance du transformateur se trouve, en effet diminuée.

Les transformateurs pour l'éclairage sont souvent établis dans des postes disséminés et ont à fournir par conséquent, une puissance individuelle réduite, de sorte que la puissance des unités est alors généralement peu importante.

Or, pour les petites puissances, comme c'est le cas, ici, le montage en triangle plutôt qu'en étoile, de la haute tension, limite la tension à admettre de ce côté, et, par conséquent, la puissance du transformateur qui se trouvera ainsi être moindre que dans le cas du montage étoile-étoile.

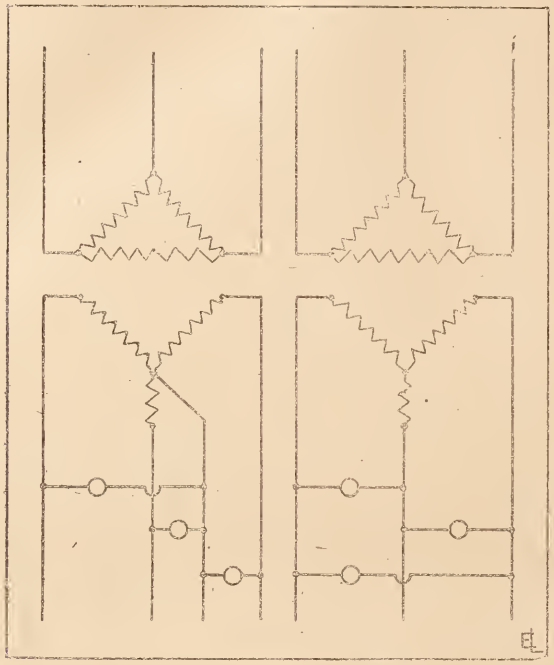


Fig. 1 Fig. 2

Pour éviter cet inconvénient, on peut alors avoir recours au montage zig-zag, qui présente quelques avantages sur le montage triangle-étoile. Toutefois, ce montage ne s'emploie que du côté de l'enroulement basse tension, et n'est intéressant que pour des puissances peu considérables.

Ce dispositif représenté schématiquement par la figure 3, n'est en somme qu'un enroulement en étoile double. Pour ce montage, une moitié du bobinage basse tension, correspondant au même noyau du transformateur, est montée en série avec une moitié du bobinage du noyau voisin, de façon à constituer une phase du transformateur; on voit par là que le bobinage d'une même phase se trouve réparti par moitié sur deux noyaux différents.

Si l'on remarque que deux phases différentes se trouvent ainsi toujours disposées sur un même noyau, on comprend pourquoi cet enroulement en zig-zag ne peut être utilisé que pour des bobinages à basse tension.

D'un autre côté, ce dispositif exige un poids de cuivre un peu plus grand que pour un montage triangle étoile ou symétrique, environ 8 % de plus, son prix sera donc un peu plus élevé que pour ce dernier.

Cette légère augmentation de poids de cuivre provient de ce que la tension résultante par phase n'est que 0,866 fois la somme des deux tensions développées dans chaque moitié de phase relative à chaque noyau, de sorte que, pour obtenir la tension normale, le nombre de spires doit être augmenté vis-à-vis de l'enroulement ordinaire.

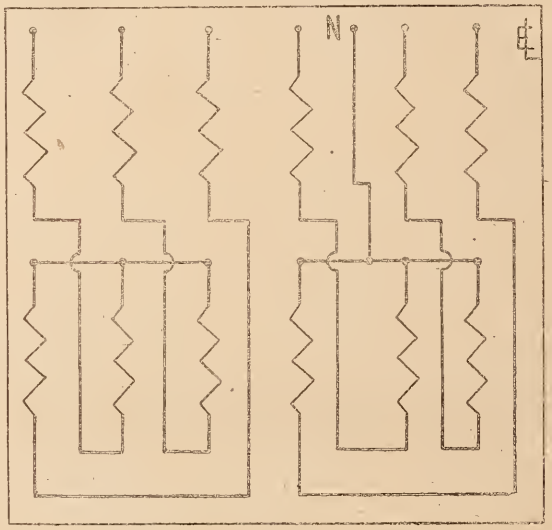


Fig. 3 Fig. 4

Ce système présente l'avantage de supprimer l'enroulement en triangle dans la haute tension; cette dernière est alors montée en étoile; on utilise ainsi toute la puissance du tranformateur, on retrouve donc l'avantage du montage étoile-étoile. Comme autres avantages, ce montage permet la mise en parallèle pour transformateur avec d'autres dans des conditions déterminées, ainsi que la distribution avec point neutre à la basse tension, suivant le schéma de la figure 4.

R. Sivoine.

L'ÉLECTRICIEN *prie les inventeurs et constructeurs de lui adresser les notices des appareils nouvellement réalisés.*

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

L'amélioration du facteur de puissance.

des distributions en courant alternatif.

L'emploi du courant alternatif, primitivement adopté comme mode de distribution générale, a donné un facteur de puissance élevé pour le secteur de distribution à cause de la charge nécessaire à l'éclairage, qui a un facteur de puissance approximativement égal à l'unité pour la majeure partie de la charge.

Actuellement ces questions se présentent différemment : dans la pratique, toute entreprise de quelque importance a un facteur de charge très supérieur à celui de la charge d'éclairage, et le facteur de puissance élevé de cette dernière n'a que très peu d'effet sur le facteur de puissance de la charge totale. Nous allons donner le résumé d'une intéressante étude de M. E. W. Dorey sur ce sujet, publiée par *The Electrical Review.*

Facteur de puissance. — Le courant dans un circuit alternatif peut être représenté par deux composantes, la première étant la composante d'énergie wattée réelle, et la seconde, la composante d'énergie déwattée : la première est en phase avec la f. e. m. et varie comme cette dernière, tandis que la seconde est déphasée de 90° avec la f. e. m., et peut être soit en avance soit en retard, selon la capacité ou l'inductance du circuit prédominant.

Dans la pratique journalière, le facteur de puissance retardé d'un système correspond à la rotation de moteurs asynchrones ou d'induction pour lesquels le courant magnétisant est déphasé de 90° avec la f. e. m.

Le courant résultant qui actionne le moteur, et qui est lu sur l'ampèremètre, est la somme vectorielle de la composante déwattée et de la composante d'énergie vraie.

Le facteur de puissance est le rapport de la composante d'énergie wattée vraie du courant, de l'énergie du courant total watté et déwatté.

En se reportant au diagramme (fig. 1), les lignes en traits pleins indiquent les conditions relatives à un circuit ayant un facteur de puissance retardé cos Φ où AC est la composante de l'énergie vraie BC, la composante déwattée retardée et AB la résultante du courant retardé.

Si l'on introduit dans le circuit un condensateur de capacité BC, la composante retardée BC sera neutralisée en augmentant de ce fait le facteur de puissance jusqu'à l'unité et mettant le courant en phase avec la f. e. m. relative à AC,

Soit que le facteur de puissance d'un système indique une avance ou un retard, le courant total est plus grand qu'il ne serait dans le cas d'un fac-

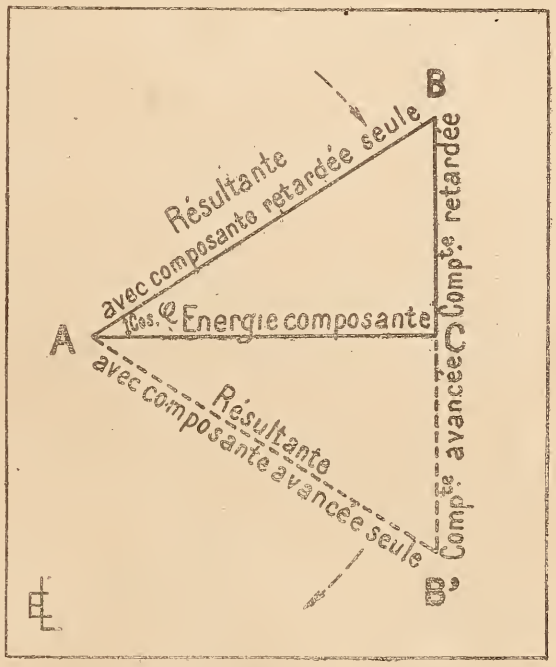


Fig. 1.

teur de puissance unité. Dans la plupart des cas, l'utilisation du courant alternatif réagit très fortement sur le retard du facteur de puissance, aussi doit-on s'assurer de l'écart entre le facteur de puissance obtenu dans les meilleures conditions et limité par l'installation d'appareils destinés à améliorer le facteur de puissance, lesquels ont pour effet de neutraliser en totalité ou en partie le courant déwatté retardé.

Composition de la charge dans le réseau de distribution. — Généralement, le courant qui alimente le réseau est destiné à la traction, l'éclai-

rage et la fourniture générale d'énergie. Le courant de traction est, dans la plupart des cas, fourni par des convertisseurs rotatifs, qui peuvent être habituellement surexcités pendant leur marche à facteur de puissance avancé, afin de corriger le facteur de puissance retardé du réseau de distribution, mais, dans la plupart des cas, la correction ainsi obtenue est insuffisante pour compenser le facteur de puissance retardé de la charge générale d'énergie fournie.

Le courant d'éclairage avec son facteur de puissance voisin de l'unité, contribue à l'amélioration du facteur de puissance totale particulièrement au moment des pointes de charge, quand celles-ci se produisent pendant les heures de nuit, mais cette correction d'amélioration n'est pas très appréciable dans la plupart des cas.

La charge totale de puissance d'un réseau de distribution exerce une grande influence sur le facteur de puissance : pendant qu'elle croît, le facteur de puissance décroît, sous réserve des répercussions et des conséquences plus ou moins éloignées. Pour tenir compte des faits réels, il est utile de considérer tout d'abord :

1° Les causes de diminution du facteur de puissance ;

2° Les effets de ces diminutions sur le courant fourni dans le système du réseau de distribution.

3° Si le fait de fournir ou de consommer du courant influence le facteur de puissance.

4° Méthodes d'amélioration du facteur du puissance.

1° *Les causes de diminution du facteur de puissance.* — La diminution continue du facteur de puissance dans la plupart des réseaux qui fournissent du courant est le résultat de :

a) L'installation de plus grands moteurs nécessités par des travaux qui s'effectuaient au moyen de moteurs tournant sous charge réduite avec faible facteur de puissance.

b) L'installation de moteurs avec faible facteur de puissance quand ces moteurs sont susceptibles d'un facteur de puissance plus élevé.

c) Mauvaises dispositions des commandes de transmission dans les ateliers, etc., de laquelle résulte que de nombreux moteurs tournent à vide où très faiblement chargés, pendant des périodes de temps considérables.

d) Installation d'un grand nombre de petits moteurs, quand un grand moteur serait employé sans perte de rendement de l'ensemble.

e) Installation de moteurs à vitesse réduite, quand il serait préférable d'employer un moteur à grande vitesse.

Dans chaque cas, on verra que le choix du consommateur, ou bien le mode d'emploi des appareils, est la cause initiale du mauvais rendement, ce qui contraint le consommateur, de gré ou de force, à modifier l'installation pour améliorer le facteur de puissance de l'énergie qu'il consomme.

Il est inutile d'insister sur l'importance de l'installation des moteurs de puissance appropriés fonctionnant à la vitesse et sous les facteurs de puissance pratiquement les plus élevés, et pour lesquels l'étude des facteurs de puissance variant avec chaque nature de moteurs de même vitesse, de même puissance, démontre très clairement qu'une différence de 5 % est tout à fait courante.

Les tableaux suivants 1, 2, 3 et les courbes (fig. 2) montrent l'influence de la vitesse et du courant de charge sur le facteur de puissance, et sont pris comme données de moteurs de la meilleure fabrication.

Tableau 1 : Facteurs de puissance de moteurs de différentes vitesses.

Puiss. au frein.	*Vitesse en tour par minute*			
	500	750	1000	1500
10 hp	0,78	0,86	0,87	0,87
30 hp	0,84	0,865	0,88	0,89
50 hp	0,855	0,88	0,89	0,90
100 hp	0,885	0,89	0,90	0,915

Tableau 2 : Facteurs de puissance de moteurs de différentes vitesses.

Puiss. au frein.	*Vitesse en tours par minute*					
	375	300	250	215	150	105
50 hp	0,84	0,82	0,82	0,75	0,75	—
75 hp	0,85	0,82	0,83	0,76	0,75	—
100 hp	0,86	0,83	0,83	0,77	0,76	0,72
200 hp	0,88	0,85	0,86	0,80	0,79	0,73
300 hp	0,89	0,86	0,86	0,84	0,81	0,74
500 hp	0,90	0,87	0,87	0,87	0,83	0,75

Tableau 3 : Facteur de puissance de petits moteurs à cage d'écureuil.

Puissance au frein.	*Vitesse en tours par minute.*		
	1500	1000	750
5,0 hp	0,88	0,84	0,83
3,0 hp	0,87	0,80	0,78
1,0 hp	0,85	0,75	0,70
0,5 hp	0,83	0,72	—
0,3 hp	0,80	0,68	—

2° *Effets du facteur de puissance réduit sur la fourniture de courant d'un réseau de distribution.* — Le rendement maxima dans la production et la transmission du courant alternatif s'obtient pour un facteur de puissance de l'ensemble du réseau

de distribution égal à l'unité, bien qu'il soit tout à fait impossible en pratique journalière d'obtenir ce résultat; celui-ci devra être au premier rang des préoccupations de ceux qui sont responsables de la réalisation de cette condition, autant qu'il est possible au point de vue économique.

Les principaux inconvénients du facteur de puissance réduit peuvent être résumés comme suit :

a) Accroissement des pertes dans les générateurs, transformateurs, câbles, etc.

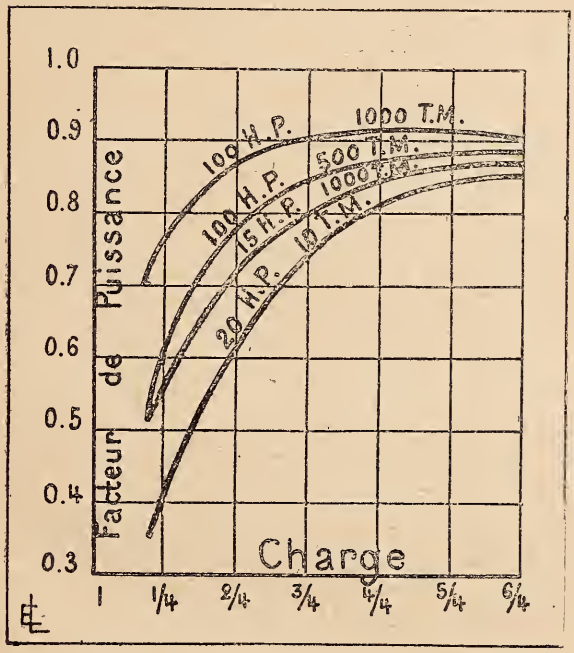


Fig. 2.

Ce point est bien mis en évidence en comparant les courants de charge dans un réseau pour des facteurs de puissance variables, mais à voltage constant : un moteur de 400 volts, qui consomme à pleine charge un courant de 100 ampères pour un facteur de charge unité consommera les courants correspondants aux facteurs de puissance ci-après :

Facteur de puissance	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
Courant en ampères .	100	111	125	143	167	200	250	333

Il est usuel de pourvoir au courant de charge en alimentant de nombreux petits moteurs travaillant avec un facteur de puissance de 0,7 et même de 0,5, mais un facteur plus réduit est heureusement l'exception et non la règle.

Dans chaque réseau à courant alternatif, les pertes varient en raison inverse du carré du facteur de puissance; ainsi, avec un facteur de puissance de 0,7, les pertes seraient le double de celles qui correspondent au facteur de puissance unité, ce qui met en évidence, mieux que tout autre raisonnement, l'inconvénient de parler de courant de charge alternatif exprimé en kw, au lieu de k. v. a. comme il arrive souvent.

En se plaçant à un autre point de vue pour évaluer les pertes elles-mêmes, il serait nécessaire de doubler la section des câbles du réseau de distribution, pour une charge travaillant sous facteur de puissance de 0,7, en comparant le rendement avec la même charge travaillant sous facteur de puissance unité.

b) La dépense de générateurs, transformateurs, câbles, systèmes de commutation, etc., est déterminée par les k. v. a. et non par les kw de capacité; ainsi un générateur et son réseau de transmission fournissent un courant de charge sous un facteur de puissance de 0,7 d'une intensité d'environ 40 % supérieure au courant nécessaire, sous facteur de puissance unité.

c) Comme les installations génératrices sont étudiées pour un facteur de puissances pécifique, il résulte que si le facteur de puissance est plus faible, les alternateurs ne peuvent pas fonctionner avec leur pleine capacité en kw; comme l'on ne peut pas faire fonctionner les installations de force motrice et les chaudières dans les conditions correspondant aux charges limite des alternateurs, il en résulte que le rendement de la force motrice initiale diminue.

d) Le réglage de voltage de tout le réseau dépend, dans une large mesure, du facteur de puissance, si l'on fait abstraction de la diminution croissante du rendement dans les réseaux principaux de distribution; le réglage inhérent à la fois aux transformateurs et aux générateurs devient alors difficile; en général, on estime qu'il est d'environ 1 % pour le facteur de puissance voisin de l'unité, et 3 % pour le facteur de puissance de 0,7, tandis que les générateurs ont un réglage d'environ 10 % pour le facteur de puissance unité, et 25 % pour le facteur de puissance de 0,7.

e) Les pertes d'excitation des alternateurs augmentent pendant que le facteur de puissance décroît, il en résulte souvent un échauffement du rotor, et de la surcharge pour l'excitatrice à faible facteur de puissance.

f) Lorsque le facteur de puissance est peu élevé, on est amené à mettre en marche des génératrices et des transformateurs additionnels; ainsi, si l'installation génératrice consiste en alternateurs de 500 k. v. a, et les transformateurs dans la sous-station en unités de 250 k. v. a., une charge de

500 kw, sous facteur de puissance unité, soit 500 k. v. a., nécessite un alternateur et deux transformateurs alors que le facteur de puissance du courant de charge était 0,7, la capacité en k. v. a. serait augmentée de 715, nécessitant ainsi deux alternateurs, et trois transformateurs en charge.

3° *Amélioration du facteur de puissance dans le cas de distribution ou de consommation de courant.* —

En étudiant les causes de l'abaissement du facteur de puissance, on voit que le consommateur doit se préoccuper de l'améliorer, ce qui constitue, en fait, toute la difficulté, bien que ce soit une obligation pour le consommateur d'installer les moteurs avec le facteur de puissance le plus élevé à pleine charge : le groupement des moteurs et leur mise en charge, c'est-à-dire leur utilisation, est tout entier dans les mains du consommateur.

Il est évident d'après cela que des dispositions peuvent être prises par le secteur de distribution pour protéger celui-ci contre l'abaissement du facteur de puissance en insérant dans les contrats de fourniture de courant une clause prévoyant que le facteur de puissance dans les conditions normales de travail ne doit pas tomber au-dessous de 80 %, mais dans la plupart des cas, et c'est peut-être le plus grand nombre, cette clause est omise.

Que cette clause existe ou non, le meilleur moyen d'agir sur le consommateur est la contrainte, sinon l'obligation d'améliorer le facteur de puissance par l'attrait d'une économie en argent, et l'application de pénalités dans le cas contraire.

Des essais voués à l'insuccès ont été faits sur divers secteurs de distribution pour élever le facteur de puissance en insérant dans les lois et règlements des conditions relatives aux facteurs de puissance qui sont complètement inapplicables, et par suite ignorées des ingénieurs agissant pour le compte des consommateurs.

Prenons comme exemple les extraits suivants des règlements appliqués par l'un des plus grands secteurs de distribution.

Facteur de puissance. — Le facteur de puissance du moteur, quand il est en marche, ne doit pas tomber au-dessous des valeurs suivantes :

1/2 hp à 1 hp..... 75 %
De plus de 1 hp à 3 hp..... 78 %

Un tel règlement est une entrave plutôt qu'un encouragement à l'industrie en général; il ne peut entrer dans le domaine de la pratique que si le facteur de puissance très élevé requis pour un moteur de 1/2 H. P. est obtenu à pleine charge, et non pour 1/4 de charge, ce qui peut s'exprimer par les mots « en ordre de marche ». Dans tous les cas, une clause spéciale tient compte du facteur de puissance; il suffit qu'elle soit pratique, suffisamment compréhensible pour le consommateur sans être draconienne.

Des pénalités peuvent être infligées au consommateur quand le facteur de puissance s'abaisse et donner un boni dans le cas contraire; ce résultat peut être obtenu par :

1° L'adoption d'un tarif basé sur la consommation en k. v. a heures ou par un rapport fixe entre les kw-heures et les k. v. a. heures.

2° Par l'établissement d'une redevance fixe par k. v. a., pour un trimestre ou pour un an au plus, sur la quantité demandée avec une redevance variable par unité d'énergie consommée.

Le professeur Arno a inventé un appareil de mesure désigné sous le nom d'Arno-mètre, qui ne donne pas la mesure exacte des kw-heure, non plus que celle des k. v. a. heures, mais une combinaison des deux d'après laquelle l'appareil enregistre 2/3 des unités d'énergie réelles en kw-heure et 1/3 des unités d'énergie apparentes (k. v. a. heure).

En admettant que le prix fixé soit de 1 par unité d'énergie réelle, apparente, ou du système Arno (2/3 plus 1/3), la redevance pour une charge de 10 k. v. a. pendant une heure avec un facteur de puissance de 80 % peut être évaluée comme suit :

Unités d'énergie réelle enregistrées, 10 k. v. a. heure à 0,8 de facteur de puissance, soit 8 kw-heure à 1 = 8.

Arno-mètre, 10 k. v. a. heure à 0,8 de facteur de puissance, soit 8 kw heure.

$$\left.\begin{array}{r} 8 \times 0{,}66 \times 1 \\ \\ 10 \times 0{,}33 \times 1 \end{array}\right\} = 8{,}66$$

k. v, a. heure (à l'enregistreur); 10 k. v. a. heures à 0,8 de facteur de puissance, soit 10 k. v. a. heure à 1 = 10.

Redevances calculées par l'Arno-mètre pour différents facteurs de puissance, soit :

10 kw-heure à facteur de puissance 1,0 = 10 k. v. a. heures = 10.

10 kw-heure à facteur de puissance 0,8 = 12,5 k. v. a. heure = 12,5.

10 kw-heure à facteur de puissance 0,6 = 16,66 k. v. a. heures = 16,66.

Le système Arno donne une approximation plus serrée pour le prix de vente actuel par unité d'énergie, que les enregistreurs par unité d'énergie réelle mesurée, et constitue par suite un progrès sensible, mais comme il est basé sur des moyennes de facteurs de puissance, il n'est pas nécessaire, pour le bon fonctionnement, que la charge varie en même temps que le facteur de puissance.

L'Arno-mètre peut être employé d'une manière

pratique par les secteurs de distribution de courant aux petits consommateurs qui ne peuvent faire la dépense nécessaire pour les appareils de la seconde méthode tout en stimulant les consommateurs pour améliorer le facteur de puissance.

La seconde méthode de mise en charge a été adoptée par plusieurs réseaux de distribution, principalement pour de plus grandes charges, c'est-à-dire 30 k. v. a. et plus, ayant principalement pour conséquence d'amener le consommateur à améliorer le facteur de puissance.

Plusieurs entreprises ont basé le calcul de leur revenu d'après la demande en kw, ce qui n'est évidemment pas complètement conforme à la réalité.

La dépense de l'installation du courant alternatif telle que générateurs, câbles, transformateurs, commutateurs, etc., est approximativement proportionnelle aux k. v. a. et non à la capacité en kw, tandis que certaines parties de l'installation génératrice sont pratiquement indépendantes du facteur de puissance, telles que générateur de force motrice et leurs condenseurs, installations de chaudières et auxiliaires; mais pour toutes, le rendement du courant de charge, basé sur la demande en k. v. a. est entièrement justifié pourvu que : 1° La charge par k. v. a. dépende à la fois des facteurs kw et k. v. a.; 2° le dispositif d'enregistrement des k. v. a. demandés soit des plus exacts.

En se rapportant à la première condition, on peut voir que la charge de rendement par k. v. a. pour deux demandes doit être formée de deux charges composantes comme suit :

a) La première composante qui correspond à la partie de l'installation qui n'est pas affectée par le facteur de puissance.

b) La seconde composante, qui correspond à la partie de l'installation qui est affectée par le facteur de puissance.

La composante *a*) doit être indépendante du facteur de puissance, alors que la composante *b*) croît pendant que le facteur de puissance décroît.

Le rapport existant entre *a*) et *b*) est déterminé pour chaque secteur et varie selon la nature et l'importance du système de distribution et d'installation génératrice : dans certains cas, le capital dépensé sur le réseau du secteur principal, etc., en dehors de la station centrale, peut être 40 % du capital total d'établissement, et dans d'autres cas 60 %, ainsi de suite.

L'exemple suivant permet de mieux comprendre ce point : soit X représentant la première composante indépendante du facteur de puissance, Y représentant la seconde composante du facteur de puissance, et soit Z la charge totale par k. v. a., pour la demande maxima par trimestre, qui soit la somme de X et Y : (1)

Facteur de puissance.	X	Y	Z
	SH. D.	SH. D.	SH. D.
Excédent 95 %	7, 0	7, 0	14, 0
De 90 % à 95 %	7, 0	7, 6	14, 6
De 85 % à 90 %	7, 0	8, 0	15, 0
De 80 % à 85 %	7, 0	8, 6	15, 6
De 75 % à 80 %	7, 0	9, 0	16, 0
De 70 % à 75 %	7, 0	9, 6	16, 6
De 65 % à 70 %	7, 0	10, 0	17, 0

bien que, sans une tarification telle que celle-ci, le consommateur serait néanmoins pénalisé pour de faibles facteurs de puissance; il faut aussi tenir compte de l'accroissement de la perte dans la transmission et de la capacité en kw, utilisée justement pour les très faibles facteurs de puissance, pertes qui justifient l'échelle des quantités d'énergie, pour lesquelles le consommateur est relativement le plus lourdement pénalisé, dans le cas de faible facteur de puissance.

Il est normal de préconiser une méthode de taxation du consommateur, basée sur la consommation prévue, avant de faire intervenir les mesures exactes envisagées par la condition 2.

L'évaluation en unités légales sera effectuée au moyen des kw-heure ordinaires : mais, en ce qui concerne l'enregistrement de la demande maxima en k. v. a., on peut employer les instruments suivants :

a) Un indicateur électrolytique de demande maximum (type Réason).

b) Un ampèremètre thermique de demande maximum.

c) Un appareil d'intégration enregistrant en k. v. a. heures avec facteur de puissance retardé et muni d'un dispositif indiquant la demande maxima enregistrée en k. v. a., suru ne période de temps de 15 minutes; avec les instruments *a*) et (*b*), le voltage peut être considéré comme constant, en tenant compte du retard de temps de ces instruments.

L'indicateur électrolytique correspond à un retard de temps se rapprochant de la moyenne sur une période de 15 minutes, et donne des résultats très satisfaisants pour les plus petites charges.

L'appareil *c*) est cependant celui qui convient le mieux, car il donne une évaluation de la demande en k. v. a. pour les distributions de courant monophasé, diphasé ou triphasé, qu'elles soient balancées ou non.

Plusieurs appareils de ce type sont en usage dans les installations qui fonctionnent actuellement.

C. S.

(*à suivre*).

(1) Valeurs nominales anglaises : shilling 1,25 denier, 0,10.

Machine automatique de soudure à l'arc.

++++

La « General Electric Company » vient d'imaginer une machine automatique de soudure à l'arc qui est décrite par l'*Engineer* du 27 février 1920. Elle remplace l'électrode commandée à main et comporte une paire de rouleaux d'avance conduits par un petit moteur à courant continu ; ces rouleaux conduisent à l'arc une quantité constante de fil et maintiennent automatiquement la bonne distance de fonctionnement.

Le réglage de l'arc au moyen de la vitesse du moteur d'avance, quand le voltage de l'arc varie, donne de meilleurs résultats que tout arc commandé à main, de sorte que la vitesse de soudure est augmentée.

L'appareil complet est monté sur une base qui peut être boulonnée sur n'importe quelle forme de support. Dans le cas de soudures droites on peut employer un banc de tour ou de raboteuse ; dans le cas de travail circulaire on peut utiliser un tour ou un alésoir. Les conditions locales déterminent la méthode à employer.

Les constructeurs assurent que cette machine permet de faire de meilleures soudures à une vitesse de deux à six fois supérieure à celle des meilleurs ouvriers.

M. G.

CORRESPONDANCE

++++++

LES USINES DE LA RÉGION PARISIENNE

*A propos de l'article sur ce sujet paru dans l'*Electricien *des 1er et 15 juillet 1920, un ingénieur particulièrement qualifié par ses fonctions veut bien nous donner les précisions suivantes, dont nous le remercions :*

La société d'Eclairage et de Force par l'Electricité de Paris n'exploite plus son Usine de Saint-Ouen-sur-Seine. Le courant alimentant le réseau de la dite Société lui est fourni par la Société d'Electricité de Paris et le « Triphasé » avec secours par l'Usine Nord de la C. P. D. E.

La Société répartit le courant reçu depuis le *Centre de couplage* du Carrefour Pleyel à Saint-Denis.

De même le secteur de la Rive gauche, n'exploite plus d'usine à Issy-les-Moulineaux. Son réseau est alimenté par l'usine de l'Ouest-Lumière (Puteaux) et par celle de 'Union d'Electricité (Vitry).

En tous cas, dans la dernière année de fonctionnnement (1919) la puissance de l'usine du secteur de la Rive Gauche à Issy n'était que de 8.000 kilowatts (1 turbo de 5.000 — 1 turbo de 3.000).

En ce qui concerne l'Usine de l'Ouest-Lumière à Puteaux la situation serait la suivante

courant 3.000 v. =	1	turbo	Brown-Boveri, 1.800 kw.
courant 10.000 v.	1	—	Schneider, 5.500.
	2	—	Sulzer-Alioth de 6.500.
	1	—	Brown-Boverie de 7.500.
	2	—	« Alsacienne » de 9.000.

En ce qui concerne le régime de la C. P. D. E. il est dit dans l'article que « la Ville partage avec le concessionnaire les recettes brutes et les bénéfices d'exploitation ».

On pourrait croire qu'il y a partage par parties égales, ce qui n'a pas lieu.

En réalité, la Ville ne *perçoit qu'une partie* des recettes et bénéfices :

10 à 25 % de la recette brute à *titre de loyer* pour le réseau remis par la Ville à la C. P. D. E.

5 à 50 % des bénéfices supplémentaires après attribution d'un dividende de 6 à 10 %.

H. Jumel,
Ingénieur-adjoint des Travaux publics de l'Etat, attaché au Service du Contrôle des Distributions d'Energie électrique dans le département de la Seine (arrt N. O.).

LÉGISLATION

++++

ARRÊTÉ

Fixant les conditions de l'approbation des types de compteurs d'énergie électrique (1).

Le ministre des travaux publics, des transports et de la marine marchande,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributiont d'énergie ;

Vu les articles 16 des cahiers des charges types des concessions de distribution d'énergie électrique ;

Vu l'arrêté ministériel du 30 mai 1914 ;

Vu l'avis du comité d'électricité, en date du 17 décembre 1919 ;

Sur la proposition du directeur des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique,

Arrête :

Les compteurs destinés à mesurer les quantités d'énergie électrique livrées par les concessionnaires ou permissionnaires de distributions publiques d'énergie électrique seront gradués en hectowatts-heure ou tout autre multiple décimal du watt-heure. Ils devront satisfaire aux conditions ci-après énumérées (ces conditions ne s'appliquent pas aux compteurs d'énergie réactive, qui feront l'objet d'un arrêté ultérieur).

Définition du type.

Art. 1er. — Le type du compteur est défini par un modèle accompagné de dessins descriptifs, d'une notice explicative et du diagramme de montage. Le modèle reste déposé dans l'établissement qui en a fait l'essai et y est conservé à la disposi-

(1) Le présent arrêté ne s'applique qu'aux compteurs d'énergie réelle ou active, à l'exclusion de l'énergie réactive. Les compteurs d'énergie réactive feront l'objet d'une réglementation ultérieure.

tion du ministre des travaux publics pendant toute la durée de l'autorisation.

Sont considérés comme de même type les compteurs de calibres différents dont les différences ne portent que sur des bobinages, à la condition qu'ils soient semblablement placés et semblablement constitués.

Pourra être considéré comme conforme à un type déjà approuvé un compteur qui aura subi quelques changements de détail, pourvu que les dispositions du moteur, du frein et des réglages n'aient été modifiés en rien. Les changements opérés devront être signalés, par lettre recommandée, au ministre des travaux publics qui en appréciera l'importance et pourra prescrire de nouveaux essais.

Chaque type de compteur est désigné par un nom ou un groupe de lettres qui lui sont particuliers; la même désignation s'applique à tous les compteurs d'un même type.

Constitution du dossier.

Art. 2. — Le dossier d'approbation comprend les pièces suivantes :

1° Les figures descriptives à une dimension suffisante et comprenant au moins une vue de face, une de profil et une planche de détail des pièces fondamentales ;

2° Une note explicative exposant le principe du compteur, décrivant son mécanisme et son fonctionnement, indiquant la manière dont il est paré, dans la mesure du possible, aux différentes causes d'erreur et donnant les instructions relatives aux divers réglages.

Cette note doit, en outre :

a) Indiquer, pour chaque calibre, le détail du bobinage, la section du fil, le nombre de spires, etc., ainsi que la chute de tension et la perte en watts correspondante pour chacun des enroulements.

b) Donner la durée de révolution, pour une charge déterminée, du mobile le plus rapide qui soit nettement visible sur le mécanisme ou le rouage enregistreur, et la valeur de l'énergie correspondante à un tour exact de ce mobile pour chaque calibre.

c) Donner, pour les compteurs à collecteur, la valeur minimum, en grammes, de la force d'appui des balais sur le collecteur.

3° Un certificat d'essai délivré par l'un des laboratoires agréés par le ministre après avis du comité d'électricité, certificat donnant les résultats des essais faits sur un compteur du type et portant sur les points énumérés à l'article 3 ci-après.

Le dossier est fourni en trois exemplaires, dont l'un, en original, comprend les dessins en calque sur toile, les autres exemplaires pouvant être de simples copies. Les dessins originaux portent une estampille de l'établissement qui a fait l'essai, certifiant la conformité de ces dessins à l'appareil soumis aux essais.

Les appareils accessoires sont toujours essayés avec le compteur correspondant. Toutefois, si ce dernier a été approuvé antérieurement, les essais qui n'intéressent pas l'appareil accessoire n'ont pas à être recommencés; mais la note descriptive rappelle le type du compteur et sa date d'approbation. Une expédition en copie du dossier d'approbation du compteur proprement dit est simplement jointe au dossier; mais elle doit porter l'attestation du demandeur certifiant que l'appareil essayé est bien conforme au type décrit au dossier d'approbation annexé. Le dessin de l'appareil accessoire est produit en original.

Les pièces sont du format 21 × 31 centimètres; les plans sont ramenés à ce format par pliage, d'abord en paravent, puis en travers. Le titre est inscrit sur la face apparente du plan replié.

Détail des essais.

Art. 3. — Les essais portent au moins sur les points suivants :

1° Détermination des courbes représentatives de l'erreur relative pour divers régimes de fonctionnement;

2° Essai de durée en charge;

3° Epreuve sur la marche à vide;

4° Essai du régime de démarrage;

5° Détermination des consommations intérieures dans chaque circuit;

6° Essai relatif à l'action de courts-circuits;

7° Essai relatif à l'action d'un défaut de verticalité de l'appareil;

8° Détermination du couple-moteur.

Le détail de ces essais est fixé ainsi qu'il suit :

Le compteur fermé sera mis sous tension pendant une heure au moins et, en tout cas, jusqu'à ce que le régime de température du fil de dérivation soit atteint avant le commencement des essais.

Essais du 1° ci-dessus.

Les courbes d'erreur seront déterminées au moyen d'un nombre de points suffisant pour permettre le tracé continu depuis le vingtième de charge inclusivement.

Les courbes et points particuliers à déterminer sont définis par les tableaux suivants (*V. p. 426*) :

Pour ces mesures, les compteurs non astatiques sont orientés de manière que le plan vertical passant par l'axe du champ fixe soit perpendiculaire au plan du méridien magnétique. En outre, des mesures sous la tension nominale et avec le courant réduits au vingtième du nominal seront faites en plaçant le compteur dans deux orientations

Compteurs pour courant continu à deux fils.

DÉSIGNATION de l'essai.	TENSION appliquée.	COURANT	TEMPÉRATURE	OBSERVATIONS
A	N	0,02 à 1,20 N	Arbitraire entre 10° et 30° C.	N désigne la valeur dite nominale qui est portée sur la plaque du compteur.
B	1,10 N	0,10 à 1,0 N		
C	0,90 N	0,10 à 1,0 N		
D	N	0,5 N	θ°.	θ et (θ° + 20°) sont des températures arbitraires comprises entre 0° et 40° C.
E	N	0,5 N	(θ°+20°).	

Compteurs pour courant alternatif simple, dit monophasé.

DÉSIGNATION de l'essai.	TENSION appliquée.	FRÉQUENCE	FACTEUR de puissance.	COURANT	OBSERVATIONS
F	N	N	1,0	0,02 à 1,2 N	N valeurs dites nominales portées sur la plaque du compteur.
G	N	N	0,7	Id.	
H	N	N	0,5	Id.	
I	1,15 N	N	0,5	Id.	
J	0,85 N	N	0,5	Id.	
K	N	1,05 N	0,5	Id.	
L	N	0,95 N	0,5	Id.	
M	Essais défavorables cumulés.			Id.	

différant de 180° et telles que l'axe du champ fixe se trouve dans le plan du méridien magnétique.

Pour les compteurs à circuits multiples, les essais de réception du modèle sont faits sur le compteur pour circuit à deux fils. Tous les modèles qui en dérivent (à 3 fils, à 5 fils, à tarifs multiples, etc.) doivent être présentés à l'approbation. A la condition que leur construction ne comporte que les éléments du compteur à deux fils déjà admis, les essais pourront être réduits aux déterminations suivantes :

Essais au courant nominal et à la moitié de ce courant sous tous les circuits également chargés simultanément ;

Essai de chaque circuit seul chargé au courant nominal ;

Essai de démarrage sous une puissance égale au centième de la nominale ; le tout sous la tension nominale.

Compteurs pour courants alternatifs.

Les courbes d'erreur sont déterminées sur un courant pratiquement sinusoïdal ; les variations pendant le cours d'un essai ne devront pas dépasser ± 2 % sur la tension, ± 1 % sur la fréquence et le facteur de puissance sera réalisé à ± 0,025 près.

La courbe correspondante à l'essai M est déterminée dans les conditions suivantes : on choisit, parmi les essais I à L, les conditions de variation de fréquence et de tension qui affectent le compteur dans le même sens, et on les combinera avec le facteur de puissance 0,3.

Compteurs pour courants triphasés.

Mêmes déterminations que ci-dessus et, en plus, les suivantes (*Voir tableau, p. 427*) :

Compteurs pour courants alternatifs multiples.

Les compteurs pour courant alternatif simple à trois fils, pour courants triphasés à trois et quatre fils, pour courants diphasés à quatre et cinq fils, dérivant d'un type à deux fils déjà approuvé et composé des mêmes éléments que celui-ci, sont seulement soumis aux essais désignés dans les tableaux précédents sous les rubriques F. N. O. P.

Essais du 2° ci-dessus.

Essai de durée en charge : une épreuve en pleine charge dans les conditions nominales est faite pendant une durée de deux heures et suivie d'une demi-heure de surcharge d'un cinquième. Un étalonnement sera refait à la fin de l'essai.

Essais du 3° ci-dessus.

L'épreuve de marche à vide est faite sous la tension et à la fréquence nominales.

DÉSIGNATION de l'essai.	TENSION appliquée.	FRÉQUENCE	FACTEUR de puissance.	COURANT			OBSERVATIONS
				Pn I	III	III	
N	N	N	1,0	0,1 N	0,1 N	O	Avec permutation des phases pour chaque point.
O	N	N	1,0	N	N	O	
P	N	N	0,5	N	N	O	

Essais du 4° ci-dessus.

L'épreuve de démarrage porte sur la détermination du minimum de puissance nécessaire pour donner un démarrage certain. Sur les appareils pourvus de mécanismes à rouleaux ou à chiffres sautants, on détermine le minimum de puissance nécessaire pour assurer le fonctionnement simultané de tous les mobiles.

Essais du 5° ci-dessus.

Les valeurs des consommations intérieures maximum de charge sont indiquées dans le certificat, celle du transformateur séparément s'il y a lieu.

Essais du 6° ci-dessus.

L'essai relatif à l'action des courts-circuits est fait avec un courant égal à dix fois le courant nominal limité dans sa durée d'application par le jeu d'un fusible fondant sous un courant double de la valeur nominale. L'essai est répété cinq fois.

Essais du 7° ci-dessus.

Les compteurs moteurs qui ne sont pas munis d'un fil à plomb ou d'un organe de nivellement équivalent sont essayés au dixième de leur puissance, en donnant à l'appareil une inclinaison de cinq degrés par rapport à la position verticale de l'arbre. Le résultat de l'essai est mentionné au certificat comparativement à celui qui correspond à la position verticale.

Essais du 8° ci-dessus.

Le couple moteur sera mesuré, en grammes-centimètres, pour la pleine charge du compteur.

Résultats à obtenir.

Art. 4. — L'erreur relative est définie par le rapport $\frac{c-w}{w}$; c étant l'indication du compteur et w celle du wattmètre étalon.

Les résultats à obtenir sont les suivants :

1° Les courbes et les points isolés obtenus dans les conditions définies par les tableaux de l'article précédent doivent rester contenus dans l'espace compris entre les lignes d'erreurs limites distantes entre elles de la somme des tolérances. Ces lignes sont ainsi tracées :

Compteurs pour courant continu. — Pour les essais A et E inclusivement entre le dixième et les dix dixièmes de la puissance, deux droites parallèles tracées à ± 3 % d'erreur; entre le dixième et le vingtième, droites inclinées prolongeant les précédentes et aboutissant à ± 5 % pour le vingtième; entre le vingtième et le cinquantième, droites prolongeant les précédentes et aboutissant à ± 10 %; enfin, entre les dix dixièmes et les douze dixièmes, droites prolongeant les horizontales et aboutissant à ± 4 %.

Compteurs pour courants alternatifs. — Pour l'essai F, entre le dixième et les dix dixièmes de la puissance, deux droites parallèles tracées à ± 1,5 % d'erreur; entre le dixième et le cinquantième, droites inclinées prolongeant les précédentes et aboutissant à ± 4 %; entre les dix dixièmes et les douze dixièmes, droites inclinées aboutissant à ± 2,5 %.

Pour les essais G à L inclusivement, les écartements sont de ± 3 % pour les parallèles entre le dixième et les dix dixièmes de charge; les droites inclinées qui les prolongent aboutissent à ± 6 % pour le cinquantième et ± 4 % pour les douze dixièmes.

Lorsque le compteur comporte un ou plusieurs transformateurs d'intensité, les tolérances sont augmentées uniformément de ± 1 %; lorsqu'il comporte, en outre, un transformateur de tension, les tolérances sont augmentées de ± 0,5 % en plus, soit au total de 1,5 %.

Pour tenir compte des différences possibles dans l'étalonnage des instruments de contrôle, l'axe des tracés limites définis ci-dessus peut être déplacé de ± 1 % par rapport à la ligne d'erreur nulle.

2° *Epreuve de durée en charge.* — Après la mise en surcharge, l'erreur déterminée pour les valeurs du dixième et des cinq dixièmes de la pleine charge, au régime nominal de tension de fréquence et au facteur de puissance unité doit rester comprise dans les limites définies au paragraphe précédent.

3° *Marche à vide.* — Le mécanisme doit rester au repos lors de l'épreuve faite sous une tension supérieure d'un dixième à la tension nominale.

4° *Démarrage.* — Le démarrage doit se produire nettement, sur un compteur pour courant continu pour une charge égale au centième et sur un comp-

teur pour courant alternatif, à un deux centième de la charge nominale.

5° *Consommation intérieures.* — Les limites supérieures sont :

a) Dans le fil du circuit dérivé : sur les compteurs pour courant continu, 4 watts par 100 volts de la tension nominale appliquée à cette dérivation; sur les compteurs à courant alternatif 1,5 watts par 100 volts de la tension nominale appliquée à cette dérivation.

b) Dans le fil principal : limites supérieures conformes au tableau : circuit de 5, 10, 20, 50, 100 ampères, consommation de 5, 10, 15, 25, 50 watts.

6° *Essais de court-circuit.* — Après les mises en court-circuit, le point figuratif de l'erreur à demi charge sous la tension et à la fréquence nominales, doit rester dans les limites précédemment définies.

7° *Défaut de verticalité* : le résultat de l'essai est consigné au certificat comparativement à celui qui correspond à la position verticale.

Apposition d'une plaque d'approbation et de construction.

Art. 5. — Aucun compteur construit après la date du présent arrêté et de type approuvé ne pourra être mis en service, sur une distribution publique d'énergie électrique, sans être muni d'une plaque d'approbation et de construction.

Cette plaque, en métal, porte, en caractères gravés d'au moins trois millimètres de hauteur, les indications suivantes à l'exclusion de toutes autres :

1° Nom du constructeur;
2° Adresse du constructeur;
3° Désignation du type;
4° Date de l'arrêté d'approbation;
5° Limite de courant et de tension de l'instrument; fréquence s'il y a lieu;
6° Lieu de fabrication;
7° Constante du compteur, par tour de disque ou de cadran, s'il y a lieu, et numéro d'ordre.

Les constructeurs se conformeront à la disposition suivante :

Société X.....
54, rue de... à...
Type A, B (monophasé 3 fils) ou (ampère-heure-mètre).
Approuvé le...
10 ampères; 110 volts : 50 pér. par seconde.
Constante 10; n° 1050.

Les indications « diphasé » ou « triphasé », etc., seront substituées s'il y a lieu à « monophasé » ou « ampère-heure-mètre », etc...

Pour les compteurs à circuits multiples, dérivés d'un compteur à circuit simple, formant le type de la famille, la plaque sera celle de ce compteur-type. La tension indiquée sera la tension composée ou celle qui existe entre les fils extrêmes; le courant indiqué se rapportera à un seul des circuits. Sur un ampère-heure-mètre, la tension indiquée sera celle qui correspond à la graduation en hectowatts-heure ou en kilowatts-heure portées sur le rouage enregistreur.

Instruction de la demande.

Art. 6. — Le dossier est déposé soit au Ministère des travaux publics, soit entre les mains de l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique du département qui le transmet au ministre. Après avoir vérifié que le dossier satisfait aux conditions prescrites à l'article 2 ci-dessus, le ministre ou l'ingénieur en donne reçu. Le dossier est ensuite communiqué, pour examen, au Comité d'électricité. L'examen du Comité porte, en outre des conditions stipulées aux articles précédents, sur tous les points qu'il juge intéressants et notamment sur les suivants :

Nature de l'isolation;
Etanchéité de la fermeture;
Facilité d'entretien;
Possibilité de vérifier rapidement l'étalonnage sans ouvrir l'appareil;
Nature des rouages enregistreurs;
Vérification du lieu de fabrication, etc.

Forme et durée de l'approbation.

Art. 7. — L'approbation est donnée, s'il y a lieu, après avis du Comité d'électricité. Elle est valable pour une durée de dix années. A l'expiration de cette période, pour tout compteur qui satisfera aux conditions en vigueur à cette époque, l'approbation pourra être renouvelée sur la simple demande du constructeur, formulée par lettre recommandée adressée au Ministre des travaux publics, après avis du Comité d'électricité. Les compteurs à circuits multiples dérivés d'un type à circuit unique et soumis comme tels à des essais réduits, suivent le sort du type d'où ils dérivent.

Disposition transitoire.

Art. 8. — Les approbations antérieures restent acquises pour une période de dix années à compter de la date de mise en vigueur du présent arrêté.

Remplacement de l'arrêté du 30 *mai* 1914.

Art. 9. — Le présent arrêté sera mis en vigueur à la date du 1er mars 1920.

Il annule et remplace l'arrêté du 30 mai 1914.

Paris, le 8 janvier 1920.

Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics et des transports,
Jules CELS.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PROCÉDÉ POUR LA RÉGULATION AUTOMATIQUE DE RÉSISTANCES LIQUIDES, POUR RENDRE LEUR RÉSISTANCE OHMIQUE CONSTANTE

On sait que la résistance varie avec la température pour les solutions salines. Pour obtenir une intensité constante à une tension constante, il faut que les dimensions de la colonne liquide que traverse le courant, soient modifiées automatiquement avec la température, pour

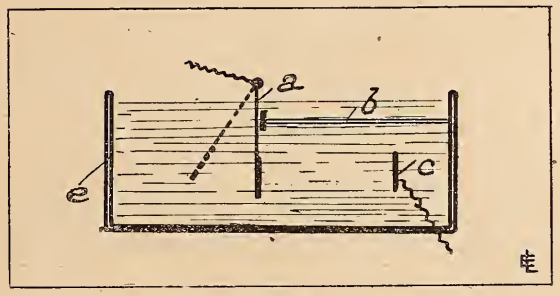


Fig. 1.

compenser les variations de résistance spécifique. Pour cela, une des électrodes *a* est mobile (fig. 1) et peut être manœuvrée par une tige en zinc *b* plongeant dans le liquide *e*. L'élévation de température du liquide provoque l'allongement de la barre *b*, et modifie les dimensions de la colonne liquide. (Br. Fr. 502.283.)

DISPOSITIF POUR ENGENDRER DES OSCILLATIONS DE FRÉQUENCE UNIQUE DANS UNE ANTENNE.

Dans les systèmes de réception ou de transmission, on emploie des circuits couplés magnétiquement (fig. 2). L'action du circuit primaire sur le circuit secondaire donne naissance dans ce dernier, à deux oscillations de fréquence différente, qui sont nuisibles à la syntonisation.

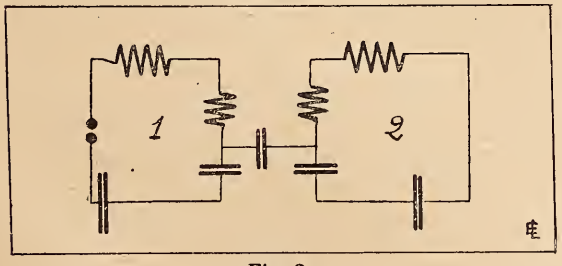


Fig. 2

Si les deux circuits sont couplés lâchement, on ne donne naissance qu'à une seule oscillation, mais l'énergie tranmise est très faible, et la sensibilité très réduite. Dans l'invention, les deux circuits 1 et 2 sont couplés magnétiquement et électriquement.

Pour obtenir des oscillations de fréquence unique, les deux accouplements doivent avoir même coefficient d'accouplement et la force électromotrice induite magnétiquement doit être de sens contraire à celle induite électriquement. — (Brev. Fr. 502.719).

CONDENSATEUR A CAPACITÉ VARIABLE SOUS L'INFLUENCE D'UN COURANT MICROPHONIQUE.

Ce condensateur (fig. 3) est formé en principe de deux écouteurs *e* et *e'* avec lames vibrantes *a* et *a'*, formant les deux armatures. Les lames sont séparées par une plaque *c*

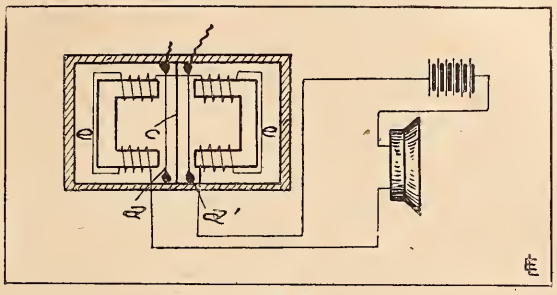


Fig. 3

formant diélectrique. Les électro-aimants *e* et *e'* sont montés en série dans un circuit comprenant pile et microphone. Ce dispositif peut être utilisé en téléphonie avec ou sans fil. — (Brev. Fr. 503.003).

INTERRUPTEUR COMMUTATEUR

Le commutateur représenté est du type oscillant à levier (fig. 4).

Il se compose en principe d'un levier *a* commandant le couteau *c*, par l'intermédiaire d'un ressort à boudin *b*. Ce dernier assure deux positions extrêmes d'équilibre de l'organe oscillant.

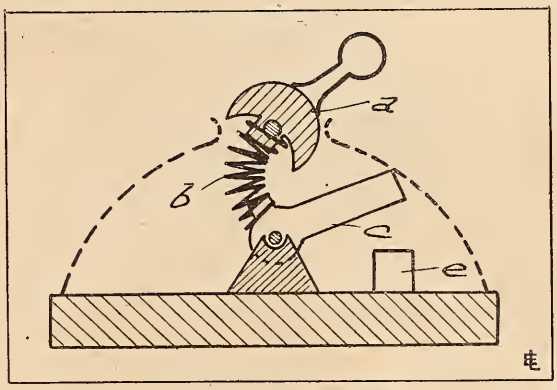


Fig. 4

Ce type de commutateur est robuste et simple à consconstruire. — (Brev. Fr. 503.449).

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'AIMANTS PERMANENTS

Le procédé consiste simplement à employer de la fonte recuite au lieu d'acier, et à tremper le morceau dans de l'eau tiède contenant :

80 0/0 sel.
20 0/0 soufre.

On obtient ainsi des aimants en fonte présentant les mêmes propriétés que ceux en acier. — (Brev. Fr. 503.057).

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

ÉLECTROMAGNÉTISME

ÉTUDE DE L'INDUCTION *(Suite)*

SOMMAIRE : *Hystérésis. — Energie absorbée par hystérésis.*

§ 61. HYSTERESIS.

Ainsi que nous l'avons vu au paragraphe 49, supposons que l'on soumette à un champ magnétique produit par une bobine un noyau de fer doux n'ayant jamais été aimanté et que l'on fasse varier le courant alimentant la bobine, nous savons que le champ variera proportionnellement à l'intensité du courant.

Si, comme nous l'avons indiqué précédemment, nous traçons (voir fig. 34) pour chaque valeur du champ la valeur correspondante de l'induction, nous obtiendrons la courbe F des variations de l'induction dans la masse de fer et aussi de la perméabilité du fer.

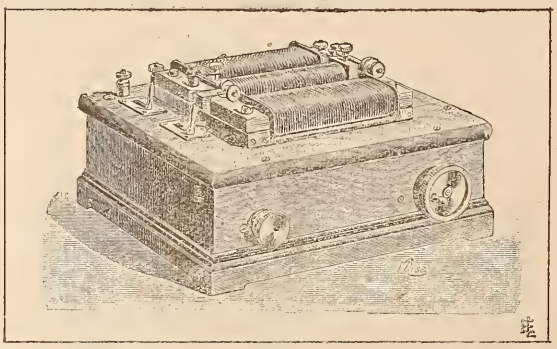


Fig. 82. — Perméamètre Picou-Carpentier.

Notons que, en pratique, on utilise, pour la détermination de cette dernière, un appareil appelé perméamètre, tel que celui de la figure 82.

Faisons donc varier le courant dans la bobine, c'est-à-dire le champ dans le noyau de fer de O et traçons la courbe des variations correspondant de l'induction, (fig. 83). A une certaine valeur H représentée par *o*M, l'induction B passera de la valeur *o* à la valeur B_1 représentée par OP ou MA et dans l'intervalle nous obtiendrons la courbe *o*A comme nous l'avons déjà indiqué.

Si l'on fait décroître maintenant le champ de la valeur B à la valeur *o*, on observe que les valeurs de l'induction ne repassent pas par les précédentes, c'est-à-dire qu'on n'obtient pas la courbe *o*A et que les variations de l'induction sont moins rapides, donnant une courbe AB qui se tient au-dessus de la précédente, de sorte que lorsque le champ a la valeur *o* ou point O, l'induction, au lieu d'être nulle, a la valeur *o*B, le courant étant alors nul dans la bobine.

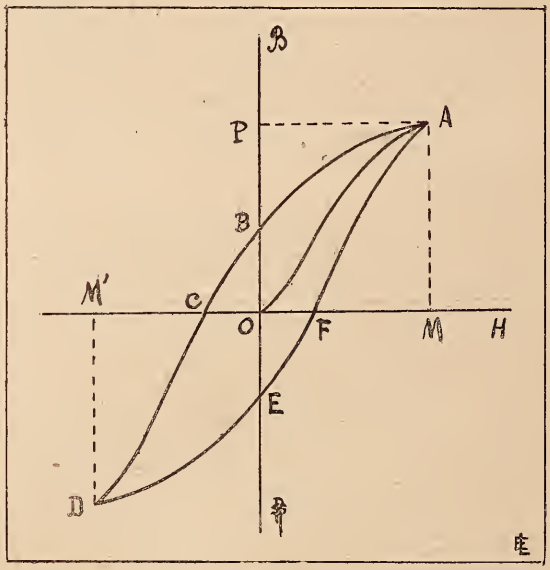


Fig. 83.

Si l'on inverse le courant dans la bobine, on devra, pour que l'induction devienne nulle dans le noyau de fer, donner au champ une valeur *oc* qui sera dirigée en sens inverse des précédentes. Alors seulement l'aimantation dans le noyau de fer sera nulle.

En continuant à faire croître le courant, c'est-à-dire le champ dans la bobine à partir de OC, l'aimantation du noyau, qui était en retard sur le champ,

croît à partir du point C suivant la courbe CD. Pour la valeur *o*M′ du champ égale à la valeur primitive OM, on obtient le point D, qui est la valeur de l'induction correspondant au point symétrique A.

En donnant au champ des valeurs décroissantes, on verrait que lorsque le champ est nul dans la bobine, l'induction a la valeur OE dans le noyau de fer et que en inversant le courant à partir du point O l'induction deviendra nulle en F et reprendra, la valeur MA pour la valeur *on* correspondante du champ.

On a ainsi obtenu une courbe fermée ABCDEFA qu'on appelle un *cycle d'hystérésis*, représentant les variations de l'induction dans le noyau lorsque celle-ci partant d'un maximum positif passe par un minimum négatif et revient au maximum positif.

La courbe de ce cycle montre que le phénomène d'hystérésis a lieu comme si l'induction dans le fer était en retard sur le champ produit par la bobine. L'importance de ce retard dépend de l'état antérieur du fer, de la valeur maximum donnée à l'induction et de la façon dont est décrit le cycle.

La valeur *o*B de l'induction correspondant au champ nul est appelée *induction résiduelle* ou magnétisme rémanent du fer. La valeur *oc* du champ pour laquelle l'induction est nulle dans le noyau est appelée *force coercitive*.

Lorsque l'on aimante du fer ou de l'acier, le phénomène d'hystérésis se traduit par de l'aimantation résiduelle. C'est la raison pour laquelle un barreau d'acier conserve de l'aimantation lorsque le champ qui lui a donné naissance a cessé, c'est donc un retard d'aimantation et c'est pourquoi on l'a appelé *hystérésis*, dont la signification est restée en arrière.

Ce phénomène s'observe dans tous les appareils contenant un noyau de fer soumis à un champ magnétique variable, que le courant produisant ce champ soit alternativement positif ou négatif ou par des courants d'intensité variable bien que conservant le même sens.

Les phénomènes d'hystérésis varient avec le métal employé. L'acier trempé possède un très haut degré d'hystérésis, c'est-à-dire une très grande aimantation résiduelle, c'est pourquoi on adopte ce métal pour la construction des aimants permanents (fig. 84). Le fer doux, au contraire, possède une aimantation résiduelle très faible, c'est la raison pour laquelle on l'emploie dans les appareils où les circuits magnétiques sont soumis à des variations d'aimantation.

§ 62. ENERGIE ABSORBÉE PAR L'HYSTÉRÉSIS.

Le fer étant soumis à un champ magnétique successivement croissant puis décroissant détermine un travail moléculaire du fer, travail qui se traduit par l'échauffement du fer. La chaleur produite se dissipe dans l'air, c'est-à-dire est perdue : le phénomène d'hystérésis entraîne donc une perte d'énergie.

On démontre, en mathématiques, que l'énergie absorbée par l'hystérésis par centimètre cube de fer est représentée par la surface fermée ABCDEFA de la figure 83.

La quantité d'énergie transformée en chaleur par l'hystérésis est proportionnelle au volume du fer et à la surface du cycle fermé ABCDEA.

On admet quelquefois que pour le fer, lorsque les inductions sont supérieures à 8.000 la dépense par centimètre cube et par cycle est égale à l'induction maximum diminuée de 5.000 et divisée par 10^7.

En pratique, la dépense d'énergie se calcule par une formule empirique donnée par Steinmetz.

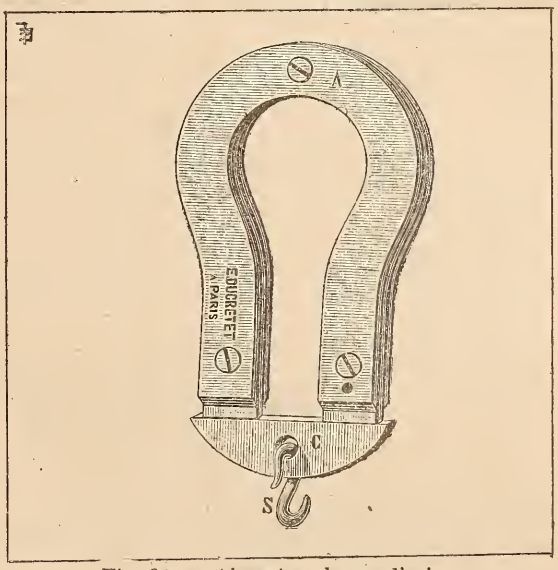


Fig. 84. — Aimant en lames d'acier.

Si l'on appelle B l'induction maximum à laquelle le fer est soumis, n un coefficient qui varie avec la qualité du fer employé, la perte d'énergie par centimètre cube et par cycle est alors donnée par la formule :

$$w = \eta B^{1,6} \times 10^7 \text{ joules.}$$

S'il y a production de *f* cycles par seconde, la puissance dépensée par le phénomène d'hystérésis dans une masse de fer de volume V est exprimée par

$$W = f V \eta B^{1,6} \times 10^7 \text{ watts.}$$

Dans les machines électriques, où la partie généralement tournante, appelée induit, est soumise à de très fortes variations de champ magnétique et où le nombre de cycles par seconde est élevé et le volume de fer considérable, on doit réduire le plus possible les pertes par hystérésis, qui diminuent

le rendement de la machine. On doit alors employer du fer le plus doux possible, présentant un coefficient d'hystérésis très faible.

Nous donnons, ci-dessous, les coefficients d'hystérésis pour différentes sortes de fer.

Bonne tôle de Suède recuite.....	0,0015
— — de fer très doux.....	0,0020
— — doux ordinaire.....	0,0025
Fer blanc mince.....	0,0029
Tôle de fer mince.....	0,0030
Tôle ordinaire.....	0,0033
Acier très doux recuit..	0,0032 à 0,0045
Acier doux fondu.....	0,0040 à 0,0050
Acier coulé pour machines.....	0,0080
Acier doux fondu.....	0,0120
Fonte grise	0,0133 à 0,0150
Acier trempé	0,0250 à 0,0750

Table des pertes par centimètre cube dues à l'Hystérésis en ergs.

Induction	Tôle pour machines	Tôle pour transformateurs
2.000 gauss	600 ergs	420 ergs
3.000 —	1.150 —	800 —
4.000 —	1.780 —	1.260 —
5.000 —	2.640 —	1.770 —
6.000 —	3.660 —	2.370 —
7.000 —	4.300 —	3.150 —
8.000 —	5.300 —	3.940 —
9.000 —	6.380 —	4.800 —
10.000 —	7.520 —	5.730 —
11.000 —	8.750 —	6.800 —
12.000 —	10.070 —	8.000 —

R. Sivoine.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 135. — J'ai actuellement un transformateur qui est alimenté par un alternateur triphasé 115 volts, pour produire au primaire 6.000 volts, ce transformateur est branché en triangle.

J'ai l'intention de supprimer cet alternateur et d'alimenter directement le transformateur ci-dessus par un autre appareil 15.000 v. 220 branché en étoile avec neutre sorti au secondaire.

1° Voyez-vous la possibilité de la transformation?

2° Si oui, indiquez-moi les transformations ou connexions à faire aux appareils pour cette combinaison. Le 15.000 du transform. branche en étoile.

M. Lenain,
Usine électrique, Etampes (S.-et-O.)

N° 136. — I. — Qu'est-ce qui peut occasionner sur les bornes des accumulateurs des couches de cristaux, de sulfate de cuivre ou d'une espèce de pâte couleur lie de vin qui se forme par la décomposition du cuivre?

Quelle est la façon de les éviter, quand le cas se présente?

II. — D'où provient que le liquide des accumulateurs mousse pendant la charge?

N° 137. — Je vous serais très obligé si vous pouviez me renseigner la façon d'aimanter un disque d'acier, de manière que le trou central expose le pôle Nord et le bord circulaire extérieur expose le pôle Sud.

N° 138. — Quel est le meilleur moyen d'aimanter les aimants et la trempe qu'il faut leur donner?

RÉPONSES

N° 119 R. — Voir l'*Electricien* 1914, n° 1205. (Régulateurs d'induction «. Décalage du rotor par rapport au stator (Oerlikon), commande par Thury, avec calculs pour choix de la puissance du régulateur d'induction.

L'Electricien 1910, I, p. 297. « Compensatrice Westinghouse », dont le but répond à la suppression de la composante déwattée dans les réseaux de distribution alternatifs.

La Technique moderne 1913, II. p. 7. « Ligne Grenoble à Saint-Chamond ». Description d'un régulateur d'induction commandé par Thury pour marche à tension constante de 30.000 volts à ± 10 0/0 près.

N° 128 R. — Il ne faut pas imputer le mauvais fonctionnement de la magnéto en question au condensateur. Le phénomène des ratés à grande vitesse des magnétos est connu des principaux constructeurs qui ont voulu adapter le type courant des magnétos aux moteurs à 6 et 8 cylindres. On sait que pour ce type de moteur, les magnétos donnant le meilleur résultat doivent être à volet tournant. (Type H. L. et Bosch.)

On peut obtenir une vitesse plus grande de deux façons principales.

1° Insérer une résistance très élevée dans le secondaire, solution adoptée par la maison Bosch.

2° Régler la magnéto avec un plus grand degré de retard de l'induit vis-à-vis de la position de l'ouverture du rupteur, c'est-à-dire caler le rupteur et l'induit, de façon à ce que la distance qui se trouve entre la corne polaire et le bord de l'épanouissement de l'induit soit plus grande qu'elle n'est actuellement lorsque le rupteur commence à s'ouvrir.

Il en résultera probablement une plus grande difficulté de mise en marche, car le fait de décaler ainsi l'induit vers la position retard augmente la vitesse minima nécessaire pour produire une étincelle déterminée. Bien entendu, dans ce qui précède, nous supposons que le calage de l'allumage en ce qui concerne le moteur est toujours le même.

Le motif du mauvais fonctionnement des magnétos à grande vitesse provient d'une réaction d'induit qui ne permet pas le renversement total du flux dans l'induit. Celui-ci devient disymétrique et les 2 interruptions du rupteur ont lieu sur 2 valeurs différentes du courant primaire induit. Ce courant n'est plus en effet alternatif proprement dit, mais ondulatoire disymétriquement par rapport à la valeur zéro.

J'ai pu tirer ces phénomènes au clair, grâce à l'oscillographe Blondel et aussi à un distributeur tournant, comportant de nombreux éclateurs. Il était curieux de constater qu'une étincelle s'éteignait, pendant que la suivante prenait un éclat particulier.

M. Camillerapp, Montrevault.

Le Gérant : L. De Soye.

Paris. — L. de Soye, imprimeur, 18, rue des Fossés-S.-Jacques, V°.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1262. 15 Octobre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION

MM.
Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien;
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

MM.
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique;
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

LA HOUILLE BLANCHE

Etude hydrographique et aménagement d'un bassin montagneux.

L'utilisation complète des forces hydrauliques d'un bassin montagneux ne peut être obtenue que par une étude hydrographique d'ensemble et un plan d'utilisation rationnelle des forces ainsi déterminées. Nous donnons comme exemple de cette étude le résumé du plan d'utilisation d'un bassin des Alpes italiennes, établi par l'ingénieur Gaetani Ganassini, dans les Annales du Conseil supérieur des Eaux d'Italie.

LE BASSIN DE TOCE ET LES INSTALLATIONS CONSTRUITES OU EN PROJET

Le bassin de Toce comprend la ligne de partage des eaux sur la frontière suisse et s'étend au-dessus de crêtes d'altitude supérieure à 2.000 mètres avec une étendue imposante de neiges perpétuelles et quelques glaciers. Le cours supérieur du bassin se divise en deux branches principales, le Devero et le Toce, qui confluent sous Baceno à la cote 523 environ. Des lacs alpins, une végétation de conifères assurent à la vallée une prospérité durable; aussi la bassin du Toce peut-il être considéré comme un des plus intéressants au point de vue hydro-électrique. A la côte 1.600 environ, les deux rivières ont déjà un bassin total de plus de 110 kilomètres, à la côte 525, ce bassin a atteint le chiffre de 310 kilomètres, tandis que la longueur du lit de la Toce, entre ces deux côtes est d'environ 25 kilomètres; on voit donc combien la configuration topographique se prête à la création de dérivations d'eau motrice (fig. 1 et 2).

Indication sommaire des installations achevées et de celles en projet.

Pour cette énumération, nous suivrons l'ordre topographique et non l'ordre chronologique.

1° Commençons par la vallée du Devero. Le torrent Devero se divise en quatre affluents : la rivière d'Arbola, la rivière Sangiatto, la rivière de la Rossa et celle de Buscagna. Sur la seconde, et la troisième il est impossible d'établir des dériva-

tions de quelque utilité industrielle. Sur l'Arbola, on a projeté une petite chute de 150 mètres entre le village de Crampiolo et la plaine du Devero. Cette chute utilise 25 kilomètres carrés de bassin et bénéficie des eaux retenues par les lacs de Codelago (fig. 3) et Pian Boglio : dans la courbe hydrodynamique (1) elle représente une valeur hydrographique de :

$$25 \times 150 = 3.750 \text{ m. kmq (2)}$$

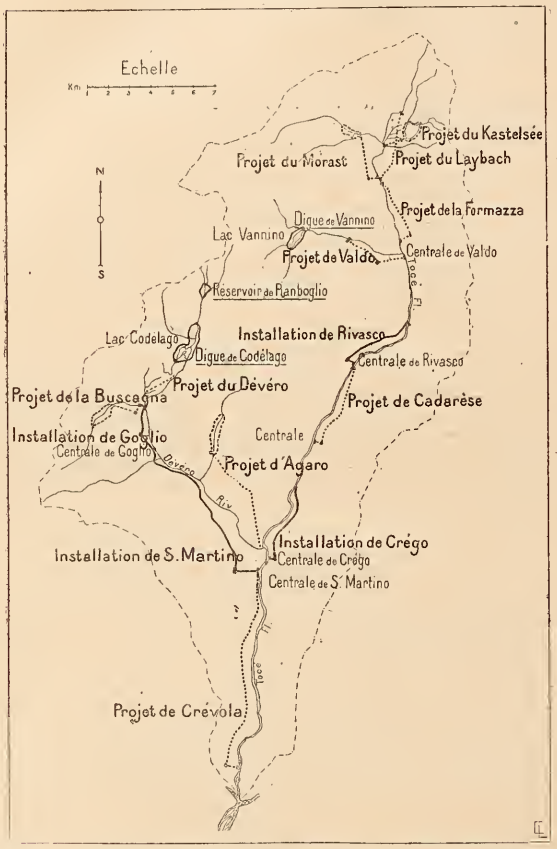


Fig. 1. — Plan du bassin Toce-Devero et de son utilisation.

Le second projet est celui de la Buscagna qui utilise 5 kilomètres carrés avec un réservoir de 2 millions de mètres cubes et une chute de 361 mètres, avec une valeur hydrographique par suite de:

$$55 \times 525 = 28.875 \text{ m. kmq.}$$

Sur la rive gauche du Devero, on rencontre ensuite l'affluent Agaro où la construction d'un réservoir de 4 millions de mètres cubes serait possible. On utilise 11 kmq de bassin avec 1.105 mètres de chute et une valeur hydrographique de 11.055 m. kmq.

L'installation de Saint-Martino en service depuis 1913 s'alimente directement à la décharge de la centrale de Goglio et utilise 58 kmq de bassin direct. On peut capter aussi les eaux du ruisseau Bondelero traversé par le canal avec un ensemble de 64 kmq. La valeur hydrographique de la dérivation avec la chute utilisée de 570 mètres est de :

$$65 \times 570 = 37.050 \text{ m. kmq.}$$

Au total, sur le torrent Dovero, entre projets et installations déjà en service, on a une puissance hydrographique de 71.480 m. kmq. tandis que les aires totales des courbes hydrodynamiques donnent une valeur hydrographique maximum au cours d'eau de 110.000 m. kmq. en chiffres ronds. L'utilisation faite ou à faire ne représente donc que 65 % de l'énergie que l'on pourrait mathématiquement retirer du cours d'eau.

2° Sur le Toce, il y a deux installations en service et sept en projet ; ce sont :

1° Le projet du lac Kastelsee qui utilise le lac lui-même comme réservoir. Ce lac pourra donner 6 millions de mètres cubes de capacité ; la chute est de 510 mètres, l'étendue du bassin est de 3 kilomètres carrés ; la valeur hydrographique est de 1.530 kilomètres carrés.

2° Le projet du Laubach avec 11 kilomètres carrés de bassin et 600 mètres de saut, d'où une valeur hydrographique de 6.600 m. kmq.

3° Le projet du Morast sur le ruisseau Griesthal qui peut aussi s'appeler projet de la cascade du Toce parce que, de même que pour le projet du Laubach, on utiliserait les eaux de cette cascade. Il a un réservoir de 3 millions de mètres cubes,

(1) La courbe hydrodynamique d'un bassin imbrifère s'obtient en portant les cotes (rapportées au niveau de la mer) du fond du cours d'eau comme abscisses, et comme ordonnées les superficies du bassin imbrifère correspondant aux points du lit déterminés par ces cotes. L'aire de cette courbe représente à une constante près l'énergie totale qu'il est mathématiquement possible de retirer du cours d'eau. Une dérivation quelconque est représentée par un rectangle qui a un sommet reposant sur la courbe hydrodynamique et le côté parallèle à l'axe des abscisses de longueur équivalente à la chute utilisée. L'aire du rectangle représente ainsi simplement la valeur de l'énergie hydrodynamique de la dérivation.

Sur le même diagramme on peut construire la courbe des distances en conservant les cotes comme abscisses et en portant comme ordonnées les longueurs du lit; les deux côtés opposés du rectangle d'une dérivation rencontrent la courbe des distances en deux points qui par la différence des ordonnées caractérisent le développement du lit sous-tendu.

(2) L'unité mètre-kilomètre carré représente l'aire de la courbe hydrodynamique ; elle peut être traduite en H P nominaux en la multipliant par le débit unitaire du bassin imbrifère exprimé en litres à la seconde et divisé par 75; en kilowatts-heures en la multipliant par le débit unitaire du bassin exprimé en mètres cubes et divisé par 367 200 (chiffre représentant les kilogrammètres correspondant à un kilowatt-heure)

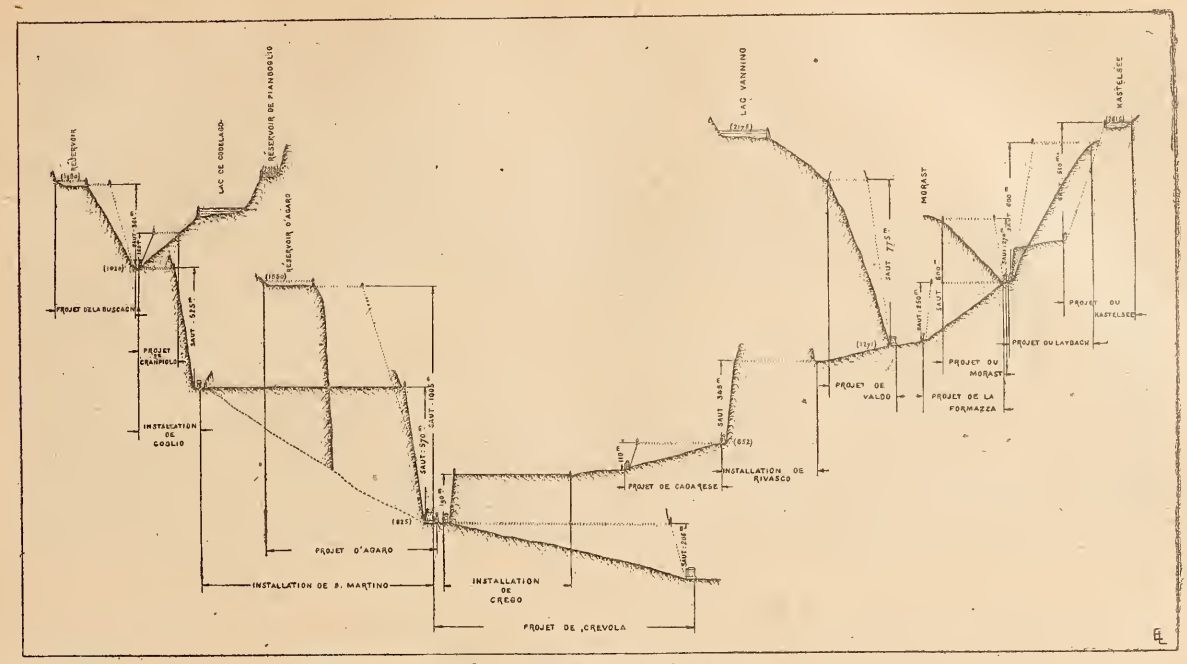


Fig. 2. — Schéma des dérivations.

une chute de 270 mètres, un bassin imbrifère de 25 kilomètres carrés et une valeur hydrographique de 6.750 m. kmq.

4° Le projet de Formazza qui, dérivé de la cascade du Toce, capte 63 kilomètres carrés de bassin imbrifère avec une chute de 250 mètres et formant par suite 15.750 m. kmq.

5° Le projet de Waldo qui tire du réservoir du Vannino, 10 millions de mètres cubes avec 16 kilomètres carrés de bassin et 775 mètres de chute, avec une valeur hydrographique de 12.400 m. kmq.

6° L'installation de Rivasco qui utilise 119 kilomètres carrés de bassin direct, 14 kilomètres carrés du torrent Vova avec 345 mètres de chute, ce qui donne une valeur hydrographique de 459.900 m. kmq. L'installation est en service depuis 1908.

7° Le projet de Cadarese utilise la partie la plus plate du fleuve Toce avec un bassin de 151 kilomètres carrés et un saut de 110 mètres, la valeur hydrographique en est donc de 16.610 m. kmq.

8° L'installation de Crego a été construite pendant la guerre et fonctionne depuis décembre de l'année dernière. Elle a un bassin de 182 kilomètres carrés et un saut de 190 mètres, une valeur hydrographique de 34.850 m. kmq.

9° Le projet de Crevola est le plus grand de tous car il utilise le bassin au confluent; il a 308 kilomètres carrés, 206 mètres de chute et une valeur hydrographique de 63.450 m. kmq.

La valeur hydrographique totale des neuf projets ci-dessus pour la vallée du Toce est de 204.000 m. kmq. en chiffres ronds; d'un autre côté, la superficie totale de la courbe hydrodynamique est de 262.000 m. kmq., ce qui donne un coefficient d'utilisation beaucoup plus élevé : 78 %.

La valeur hydrographique des 14 dérivations des deux vallées est de 275.000 m. kmq. sur 372.000 mathématiquement disponibles avec un coeffficient d'utilisation global de 74 %.

Si nous supposons au bassin entier le débit unitaire de 35 litres par kilomètre carré, tel qu'il résulte de l'analyse hydrographique faite pour le Devero (analyse qui forme l'objet de la 2e partie) on aurait une puissance nominale moyenne de :

$$\frac{275.000 \times 35}{75} = 128.333 \text{ HP nominaux moyens.}$$

Pour utiliser ce débit moyen, il faut pouvoir dériver un débit maximum de 60 litres par kilomètre carré de sorte que la puissance maximum doit être :

$$\frac{275.000 \times 60}{75} = 220.000 \text{ HP nominaux maxima.}$$

En kw-heures, l'énergie serait d'environ 620 millions annuels, correspondant à 2 kw-heures pour chaque mètre carré de bassin imbrifère. Pour un fonctionnement de 4.500 heures, il faut une puissance de 140.000 kw et une capacité de bassins de

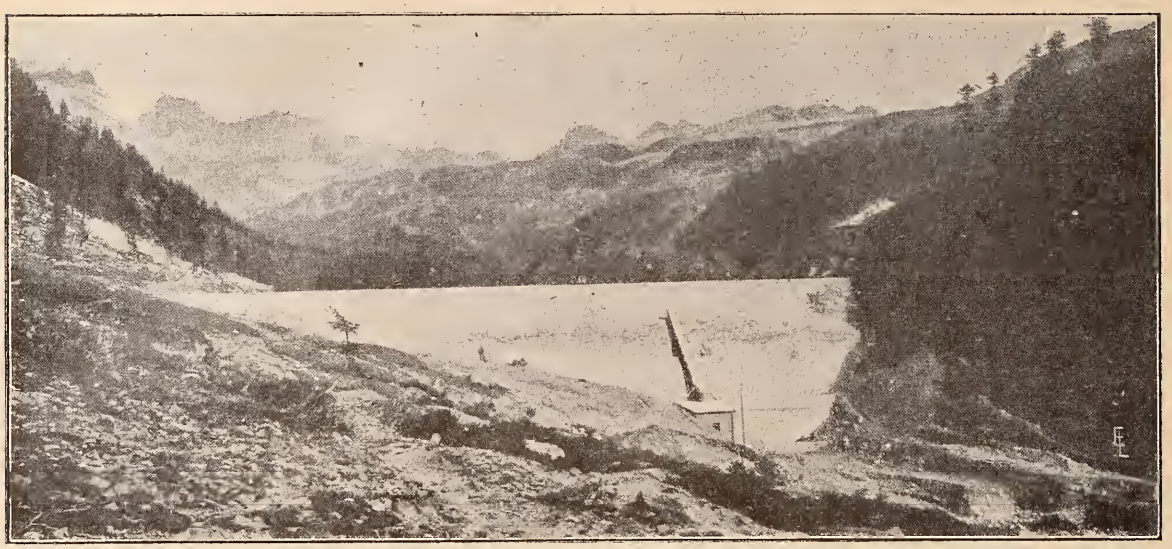


Fig. 3. — Digue de Codelago.

charge diurnes correspondant à environ 800.000 kw-heures. Cette capacité est cependant de beaucoup réduite par la présence de réservoirs de réserve, dont quelques-uns reliés directement aux centrales, d'autres munis de canaux avec une capacité de beaucoup supérieure à la moyenne.

La capacité totale des réservoirs est de 39 millions de mètres cubes; ils sont tous à des altitudes supérieures à 1.500 mètres et représentent une réserve d'hiver d'environ 100 millions de kw-heures qui permet un régime très régulier.

(*A suivre.*) G. Malgorn.

NOTES DE TÉLÉGRAPHIE (1)

Méthodes de transmission télégraphique

par câbles sous-marins.

La télégraphie est un art complexe. Tantôt on améliore la conductibilité du fil, c'est ainsi que pour la téléphonie, le cuivre a remplacé le fer; l'aluminium, dont la France est riche, demande aussi sa place; tantôt ce sont les isolateurs que l'on perfectionne, aujourd'hui on emploie beaucoup le verre, tandis qu'autrefois la porcelaine était seule en usage; la nécessité d'avoir de bons isolateurs est plus grande en Angleterre où le climat est humide, qu'aux Etats-Unis où la sécheresse de l'air est si grande que bien des appareils y sont utilisés dans l'industrie dont on a peine à comprendre l'utilité, en France, comme ces appareils à désélectriser le papier que les Américains installent sur leurs presses à imprimer pour faciliter le fonctionnement des margeurs automatiques. Il m'est bien arrivé une fois, à Bellegarde, de recevoir une décharge électrique dans une fabrique de papier, auprès d'un rouleau de papier en train de s'enrouler, mais je n'ai guère eu l'occasion de trouver dans les imprimeries des feuilles de papier adhérentes l'une à l'autre par attraction élestrostatique. Le cas est au contraire fréquent de l'autre côté de l'Atlantique.

Les améliorations portent aussi sur la construction mécanique des lignes, ou sur le nombre des conducteurs que l'on fait entrer sous une même enveloppe de plomb. La grande nouveauté, en ce moment, ce sont les câbles de la Western electric Cy,

(1) Voir l'*Électricien* nos 1245, 1246, 1248, 1249, 1254, 1255 et 1258.

qui sont faits pour pouvoir être posés aériennement. En ce qui concerne les câbles sous-marins, le progrès a consisté à les équiper pour la conversation téléphonique; c'est ainsi qu'en 1910, un câble pupinisé a été posé entre l'Angleterre et la France, d'Abbot Cliff à Calais. Il a été construit par Siemens Bros, et posé sous la surveillance de M. F. Pollard, Submarine superintendant, Dover, par le Faraday, après une étude approfondie menée sous la direction du major W. A. J. O'Meara, par le Post Office Engineering Department. La constante d'atténuation B a été trouvée égale à 0,0154 environ.

D'autres inventeurs portent leur effort sur les récepteurs ou sur les relais ou bien cherchent à transformer les appareils de départ et d'arrivée en de véritables mécanismes, chargés d'effectuer la transmission d'une façon automatique ou d'opérer automatiquement la traduction des signaux électriques et l'impression en caractères typographiques soit sur bande, soit sur feuille.

Enfin, on augmente la portée par des translations ou des retransmissions; on superpose des circuits fantômes à des circuits physiques pour tirer du matériel le meilleur parti; on fait de la télégraphie multiple en divisant le temps en éléments attribués respectivement à plusieurs opérateurs simultanément en fonctions, pour que la ligne ne cesse d'être occupée électriquement pendant que s'effectuent plus ou moins lentement les combinaisons mécaniques.

Mais je veux me borner, en ce moment, aux méthodes de transmission, qui ont pour objet de parer aux inconvénients que présente la capacité des conducteurs, et plus particulièrement celle des câbles sous-marins.

On sait que lorsqu'on envoie une impulsion électrique, en mettant l'origine du câble pendant un temps donné en communication avec une pile dont l'autre pôle est à la terre, la courbe qui représente l'intensité du courant à l'arrivée en fonction du temps est étalée, arrondie, atténuée.

Aussi, au lieu d'opérer avec une seule émission, a-t-on cherché, dès les débuts de la télégraphie sous-marine, à transmettre des combinaisons d'impulsions susceptibles de donner à l'arrivée des courbes de courants redressées, pour que le fonctionnement du récepteur soit plus net. Cette méthode est celle des signaux bridés.

On a reconnu ensuite qu'on obtenait automatiquemeut, sans dispositif mécanique spécial, un résultat meilleur en bloquant le câble à ses deux extrémités par un condensateur. Parfois, comme sur le câble de Fredericia, on se contente d'un seul condensateur à l'arrivée. Non seulement on obtient alors une courbe redressée, ce qui est l'effet recherché mais encore on arrête ainsi les courants telluriques lentement variables qui, autrement, circuleraient sur le câble, en raison de la différence de potentiel des terres aux deux extrémités et qui auraient l'inconvénient de modifier à chaque moment le zéro de l'appareil récepteur.

Sur les câbles les plus courts, on a essayé avec succès des agencements ayant pour but de mettre le câble à la terre aussitôt que le signal a été envoyé, de façon à lui permettre de se décharger et de redevenir sensiblement à l'état neutre avant le moment de l'émission du signal suivant.

Pareils dispositifs ont été mis aussi sur les lignes souterraines. Un moyen simple a été longtemps en service sur le réseau souterrain français. Il était dû à un mécanicien, M. Farjou. A l'état de repos et d'attente, une petite bille d'enfant, tenue au fond d'une gouttière, appuyait par son poids sur un léger ressort qui mettait la ligne à la terre; quand on manipulait, ce qui se faisait avec un manipulateur Morse qui portait ladite gouttière, la bille était chassée par le mouvement du levier, le courant émis pouvait alors se rendre à la ligne et celle-ci était déchargée d'une façon plus ou moins complète, plus ou moins régulière, mais généralement suffisante, chaque fois que la bille retombait dans son alvéole au fond de la gouttière.

Dans ces dernières années, on a également employé des bobines Godfroy. Elles constituent une dérivation à la terre auprès du poste de départ; mais cette dérivation a un coefficient de self-induction élevé. La courbe de courant est redressée aux dépens de l'intensité. On doit s'attendre, en effet, à ce qu'une bobine d'induction en dérivation produise un effet analogue à un condensateur en série.

On sait que depuis très longtemps, on donne à l'appareil récepteur une terre de Maxwell constituée par un condensateur shunté. Si r est la résistance du shunt et C la capacité du condensateur, le condensateur shunté agit, au point de vue des décharges comme une self-inductance négative $-Cr^2$. Si L est le coefficient de self-induction du récepteur, on fera $L - Cr^2 = o$ et les charges se comporteront comme si dans la branche du récepteur, il n'y avait que de la résistance ohmique. Voilà donc encore un cas où capacité et self-induction se balancent.

On a cherché, par les moyens les plus variés, à combattre les effets fâcheux de la décharge des câbles. Enfin, pour attaquer le mal dans sa racine, on a voulu une méthode de transmission telle que le câble fût aussi peu chargé que possible.

L'invention de Got a pour objet d'obtenir automatiquement ce résultat, qu'à une émission positive succède toujours une émission négative et réciproquement; de cette manière, il ne pourra jamais y avoir d'accumulation sensible d'électricité d'un signe déterminé. Il a résolu le problème d'une façon

très ingénieuse en se servant du courant de retour dû à la décharge du câble pour opérer l'inversion nécessaire. Le courant de câble, traversant le relais A sous l'action de la décharge d'une quantité positive d'électricité qui s'écoule du câble, porte l'armature *a* contre le butoir de la pile négative (fig. 1).

Un télégraphiste français, M. Clavié, s'arrange de façon qu'une émission de travail d'un signe déterminé, positive par exemple, ait toujours la voie préparée par une émission de signe contraire, mais celle-ci est alors toujours de très courte durée.

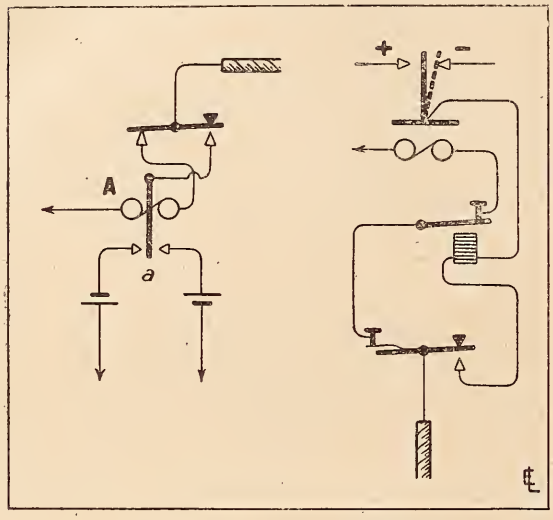


Fig. 1. Fig. 2.

A cet effet, dès qu'on appuie sur le manipulateur une émission (négative en ce cas), est envoyée simultanément sur le câble d'une part et dans le relais inverseur de pile, d'autre part. Ce relais porte aussitôt son armature sur le butoir de pile positif, mettant fin ainsi à l'émission préparatoire de courte durée. Pendant tout le temps que le manipulateur reste abaissé, l'émission de travail est bien alors une émission positive. Le manipulateur revient à sa position de repos. L'armature n'est point munie de ressort de rappel et le relais est réglé à l'indifférence; les choses restent en l'état et l'émission suivante sera une émission de travail négative précédée d'une impulsion positive (fig. 2).

Ainsi, dans la transmission Morse ordinaire, on a des signaux de même polarité, tantôt longs, tantôt brefs, séparés par des intervalles où l'on n'envoie pas de courant sur la ligne. Dans la transmission Morse par double courant, les signaux de travail sont longs ou brefs, mais toujours de même polarité; seulement les intervalles sont remplis par l'émission du courant de repos qui est de polarité inverse. Dans la méthode des courants inversés, il n'y a pas de courant de repos; les courants de travail sont alternativement positifs ou négatifs, on n'a point égard à leur polarité, mais c'est leur durée seule qui importe.

M. Picard, inspecteur de l'Administration des Télégraphes française, a imaginé de parler avec des silences. Dans sa méthode, chaque signal est marqué par son commencement et par sa fin; si on emploie le code Morse, par exemple, une courte impulsion positive détermine le commencement du signal, une courte émission négative de même intensité et de même durée instantanée, détermine la fin du signal. Si la seconde émission se produit un temps *t* après la première, on aura un point, si elle se produit après un temps 3*t*, on aura un trait. Au bout d'un temps fini quelconque, où un nombre déterminé de signaux a passé sur le câble, celui-ci a subi autant d'impulsions d'un signe que de l'autre et, par suite, il n'a pu aucunement prendre une charge quelconque. Cette méthode paraît évidemment supérieure à celle des courants bridés (fig. 3).

Les deux relais A et B sont réglés de façon que leurs armatures restent sur le butoir de repos quand ils ne sont pas parcourus par un courant. Ces armatures sont l'une et l'autre reliées au câble. Si l'on appuie sur la clé Morse, le condensateur se charge à travers le relais A; pendant la durée, en réalité très courte, de ce courant de charge, l'armature du relais A est projetée sur le butoir de travail qui est en communication avec une pile positive, de sorte que le câble reçoit une simple impulsion positive, puisque l'armature du relais A retombe sur sa position de repos dès que le condensateur est chargé.

Quand la clé revient dans la position de repos, le condensateur se décharge à travers le relais B, et en même temps, la pile intercalée dans le circuit local de ce relais ajoute son action; elle recharge le condensateur en sens contraire; pendant cette période variable, l'armature du relais B met le câble en communication avec le pôle négatif de la pile de ligne, mais l'émission se réduit à une simple impulsion, de sens contraire à la précédente, puisque l'armature retombe sur son butoir de repos, dès que le condensateur étant chargé, le courant local a pris fin.

L'adaptation du système Picard aux transmissions Baudot sur les câbles franco-algériens est décrite dans « le télégraphe multiple Baudot et ses applications » de Y. Caminade et L. Naud (*Courrier des Examens des P. T. T.*).

Une autre méthode du plus grand intérêt a enfin été indiquée et perfectionnée par l'Américain, colonel Squier.

Il envoie sur le câble un courant alternatif simple, se rapprochant autant que possible d'une émission

harmonique pure. On recevra donc à l'arrivée un courant parfaitement sinusoïdal d'intensité réduite. Il s'agit de manipuler pour faire des signaux. Le procédé consiste à modifier l'impédance du circuit local dans lequel est intercalée la source de force

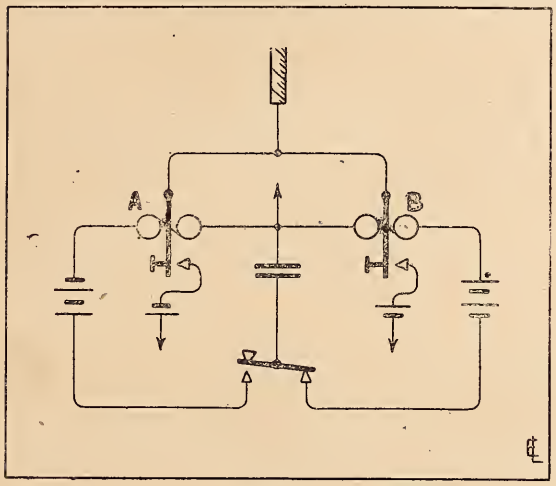


Fig. 3.

électromotrice alternative. Les courants sont transmis sur le câble par l'intermédiaire d'un transformateur (fig. 4).

La période du courant alternatif n'est pas très courte, elle est égale à la durée de deux émissions de travail. Il suffira donc, pour obtenir un signal

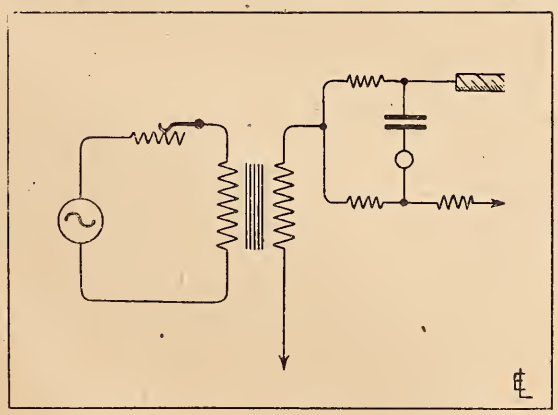


Fig. 4.

de modifier l'intensité d'une demi-onde positive ou négative.

Tant que le courant alternatif a sa plus faible valeur, l'appareil récepteur y est insensible; on obtient ainsi les espaces entre signaux. Si l'intensité du courant atteint une certaine valeur déterminée un peu plus grande, soit positive, soit négative, le récepteur d'arrivée enregistrera un point. Que si enfin l'intensité dépasse une autre valeur encore plus grande, alors le récepteur enregistrera un trait. Le récepteur pourra donc être constitué par deux relais en série; ni l'un ni l'autre ne sont assez sensibles pour répondre au courant alternatif qui circule dans le régime d'attente; le premier entre en jeu pour une certaine intensité et marque un point. C'est pour une autre intensité, supérieure à la première, que le second entre en jeu à son tour, simultanément avec le premier, et il dépose alors sur la bande, symétriquement de part et d'autre du point marqué par le premier relais, deux points formant avec le premier le signal conventionnel appelé trait, comme on le voit sur la figure 5.

La transmission est automatique; elle s'effectue au moyen d'une bande perforée. Il s'agit d'augmenter, en temps voulu, d'un ou deux degrés l'amplitude d'une ondulation, pour faire ainsi, soit un point, soit un trait, sans qu'il y ait lieu d'ailleurs d'avoir égard au signe.

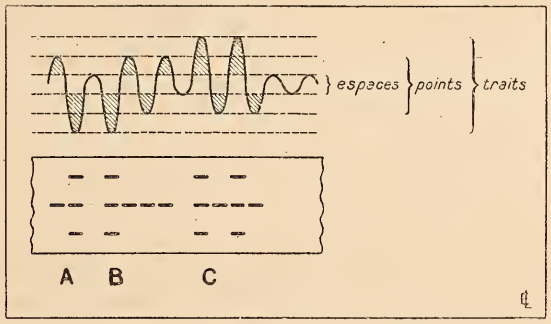


Fig. 5.

On est donc obligé de faire avancer la bande de la longueur d'un signal élémentaire pendant une demi-période. A cet effet, il y a liaison mécanique entre le générateur de courant alternatif et le mécanisme d'entraînement de la bande.

Dans le circuit du générateur se trouve une bobine de self-induction, divisée en deux parties qui peuvent être mises en court-circuit. La première partie est mise en court-circuit, si la bande présente une perforation; la seconde est mise à son tour également en court-circuit, si la bande présente deux perforations. Il y a donc deux aiguilles placées côte à côte pour tâter la bande. Elles ferment en temps voulu le circuit d'un relais local qui agit à son tour sur les leviers qui court-circuitent les self-inductances.

Simultanément, au moyen de vis de réglage et en modifiant la constante de temps des relais, on s'arrange de façon que l'introduction ou l'élimination des self-inductances se fasse au moment précis où l'intensité du courant passe par zéro, de

façon à n'introduire dans la courbe aucune discontinuité.

Grâce à ce procédé, la technique des câbles rentre dans la technique des courants alternatifs ordinaires, beaucoup moins compliquée que celle des émissions télégraphiques ; les calculs de prédétermination deviennent plus faciles. Enfin, la balance ou l'équilibre des duplex devient beaucoup plus aisée à cause des formes arondies de la courbe de transmission, alors que toutes les difficultés proviennent des brusques impulsions produites par l'introduction instantanée de forces électromotrices finies. De plus, la sécurité des câbles est parfaitement garantie contre tout survoltage, ce qui permet d'augmenter la force électromotrice de départ sans inconvénient. La mise en marche et l'arrêt se font progressivement en agissant simplement sur le rhéostat de démarrage du moteur électrique de

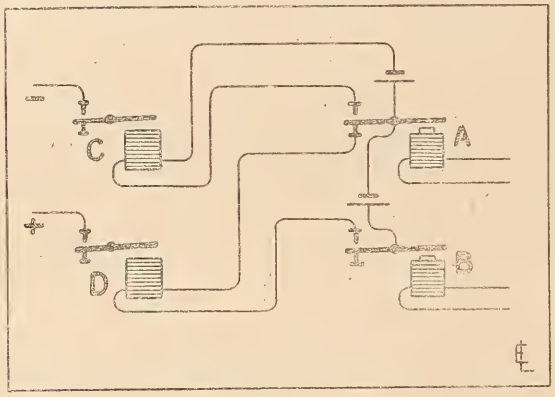


Fig. 6.

l'alternateur ; aucune réaction électrique n'est donc à redouter.

Il est d'ailleurs facile, comme l'a indiqué M. Raymond Barker, de transformer les signaux reçus, de façon à réexpédier un courant positif quand on reçoit un point et un courant négatif d'égale durée, quand c'est un trait (fig. 6).

Si le relais B fonctionne seul, il actionne D qui enverra un positif ; si B et A fonctionnent tous deux, le circuit de D est coupé par l'armature de A qui actionne C, et C enverra un négatif. On retombe sur le mode d'émission ordinairement employé pour la télégraphie sous-marine. On peut recevoir ainsi au siphon recorder. On peut retransmettre à la méthode habituelle. Il est facile de concevoir qu'on peut ainsi avoir des bandes perforées Greed ; en les faisant passer dans un traducteur, on aura une impression typographique (Raymond Barker).

POMEY J.-B.
Ingénieur en chef des P. T. T.

EFFET DE COURT-CIRCUIT

Dans une usine où je me trouvais, 3 génératrices continu, 450 volts, 3 paliers et commandées par courroies et câbles, débitaient en parallèle sur un tableau : une de 550 ampères et deux de 280 ampères. Chacune de ces génératrices était protégée par un disjoncteur automatique à maximum et retour de courant.

Lors du placement du disjoncteur de la génératrice de 550 ampères, le monteur ne remarqua pas que l'installation était différente des autres, et il inversa les pôles sur les barres. De plus, il ne remarqua pas non plus que le disjoncteur de l'une des deux autres ne fonctionnait pas parce que son noyau était tombé trop bas par suite du desserrage d'une vis.

Le montage était alors celui indiqué au schéma ci-contre (fig. 1).

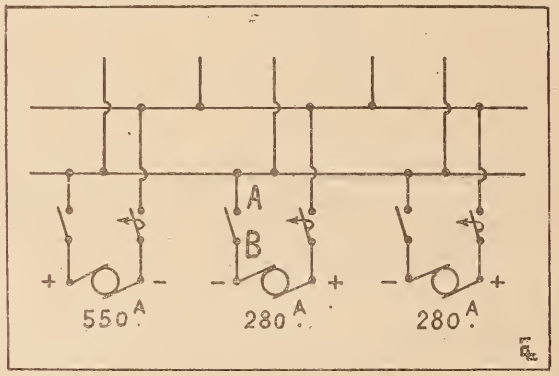


Fig. 1.

La génératrice de 550 ampères fut mise la première en débit sur le tableau ; elle fonctionna bien ; Puis le mécanicien excita celle de 280 ampères dont le disjoncteur ne fonctionnait pas. A l'instant où la tension étant convenable, il ferma l'interrupteur pour effectuer le couplage, une violente détonation retentit, *la poulie de la génératrice de* 280 *ampères fut écrasée sur l'arbre et le bâti entre les* 2 *paliers fendu.* Un court-circuit franc s'était produit, ainsi peut s'en rendre compte à l'examen du schéma...

Pour éviter cet accident, plusieurs moyens auraient été efficaces :

1° S'assurer du fonctionnement normal du disjoncteur ;

2° Voltmètre dont la déviation varie de sens suivant le sens du courant ;

3° Vérification du voltage entre les points A et B de l'interrupteur avant fermeture pour couplage, la génératrice étant amorcée : en cas d'inversion, il y a environ 900 volts.

FORNARO.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ARC VOLTAÏQUE

La Soudure électrique à l'arc.

La soudure électrique, par action directe de l'arc voltaïque et par machines à souder, s'emploie de plus en plus dans les ateliers et usines pour la soudure autogène très rapide des métaux, principalement des tôles d'acier et pour la réparation des machines et outils. Nous allons passer en revue les différents procédés et appareils de soudure électrique.

Les principales applications industrielles de l'énorme énergie calorifique et lumineuse de l'arc voltaïque sont :

I. — **L'Eclairage par lampes à arc**, à régulateur électrique automatique, pour les avenues et places publiques, gares de chemins de fer, ports, vastes halls et ateliers, etc.

Cette application bien connue, étant pour ainsi dire maintenant au point, grâce aux recherches de l'Américain Bremer sur des substances qui transforment en énergie lumineuse celle qu'on leur applique sous forme calorifique, et qu'on mélange aux charbons-electrodes de l'arc pour en augmenter l'éclat, nous ne ferons donc que de signaler cette première application industrielle.

II. — **La soudure électrique** qui peut s'effectuer soit :

1°) Par *l'action directe de l'arc* pour souder des métaux homogènes ou hétérogènes entre eux.

2°) Par *résistance* (effet Joule), à *l'aide de machines spéciales à souder* que nous passerons en revue par la suite.

Cet article ayant spécialement pour objet la *soudure directe par l'arc* et les *différents montages de poste de soudure électrique.*

III. — **Les fours électriques industriels** qui en utilisant la haute température de l'arc voltaïque sont en train de transformer radicalement les anciens traitements métallurgiques des divers minerais ; d'où la métallurgie électrique actuelle se divisant en électrométallurgie et en électrosiderurgie pour le fer les fontes synthétiques et les aciers spéciaux ; d'où aussi les industries si prospères de la fabrication électrique de l'aluminium, des carbures de calcium pour obtenir à bon marché le gaz acétylène de nos phares d'automobiles ; du carbure de silicium, le carborandum de nos meules d'usines ; etc., etc. Toutes ces industries se développent chaque jour de plus en plus, grâce à l'emploi intensif et rationnel de notre houille blanche, de toutes les chutes d'eau importantes, de tous les fleuves et rivières rapides de France fournissant, à l'aide de turbines *ad hoc*, de l'énergie électrique en abondance et fort économiquement. (Courants alternatifs triphasés).

Les *fours électriques* qui utilisent ensuite cette énergie, sont *grosso-modo* des appareils permettant d'employer d'une façon quelconque et concurremment, les effets thermiques et chimiques du courant électrique amené par divers systèmes d'électrodes, sauf dans les fours à induction. Nous examinerons plus tard, en détail, les principaux fours électriques employés dans l'industrie.

SOUDURE ELECTRIQUE A L'ARC.

Nous venons d'indiquer que l'une des plus intéressantes applications industrielles de l'énergie électrique, transformée en énergie thermique de très haute intensité par effet Joule (RI^2) était *la soudure électrique.*

Mais bien des industriels, des ingénieurs, des électriciens même ne connaissent encore que bien imparfaitement la technique pratique et courante de la soudure électrique ; ignorant en partie tous les profits et avantages économiques que l'on peut retirer rapidement d'une bonne soudure autogène, par l'arc voltaïque et par les machines à souder, par résistance dans le travail en série. Pour remédier à cette lacune, nous examinerons tout d'abord la production et les applications industrielles de la soudure par l'arc voltaïque ; les machines spéciales à souder étant employées de préférence dans les travaux en grande série, l'examen de chaque type de machine viendra après la soudure directe par l'arc électrique.

Nous savons que pour former pratiquement des assemblages plus ou moins permanents des pièces métalliques on peut employer divers procédés tels

que : l'*agrafure*, la *soudure à la lampe*, la *brassure*, le *rivetage*, l'*aluminothermie*, la *soudure au gaz à l'eau*, la *soudure autogène au chalumeau à gaz combustibles et oxygène pur* et enfin *les soudures électriques* qui nous occupent. Chacun de ces procédés différents ayant son application spéciale et respective.

Les procédés les plus récents, développés intensivement pendant la guerre, où il fallait aller vite et gagner du temps, ont été principalement ceux de la soudure autogène au chalumeau oxyacétylénique et *ceux de la soudure électrique*, afin de remplacer avec profit et rapidité les anciennes méthodes dans un très grand nombre de fabrications.

Actuellement, les soudures aluminothermiques, au gaz à l'eau, à la forge, tendent de plus en plus à être remplacées par la *soudure autogène au chalumeau* et principalement par *celle à l'arc électrique*, encore plus rapide, et cela, en raison principalement de leur très haute température, de l'exécution facile, rapide, solide et économique qu'elles permettent de réaliser.

Du reste, ces deux derniers procédés de soudure autogène se complètent fort bien mutuellement dans l'industrie et sont appelés au plus bel avenir.

Nous rappelons d'abord qu'on réalise au moyen de l'énergie électrique *trois genres* bien *différents* de *soudure autogène*, savoir :

1°) *La soudure directe à l'arc voltaïque.*

2°) *La soudure par rapprochement* (ou par *incandescence*), (dite aussi par *court-circuit*).

3°) *La soudure par résistance* qui se divise en deux branches :

a) *La soudure par points* (rivetage électrique).

b) *La soudure par recouvrements* pour les joints continus (soudures continues, soudures étanches).

Les deux derniers modes de soudure s'exécutent à l'aide de *machines électriques spéciales à souder* dont nous n'indiquons, pour l'instant, que le principe.

PRINCIPE DES MACHINES A SOUDER

Dans la *soudure par incandescence*, par court-circuit, les faces à unir sont ajustées et maintenues l'une contre l'autre sur la machine même. On lance le courant d'intensité voulue qui les échauffe par son effet Joule RI^2 et les porte progressivement, mais très rapidement au rouge, puis à la fusion. On utilise alors la dilatation qui se manifeste pour exercer une pression dans le joint, au moment où se produit l'assemblage, ou bien l'on compresse mécaniquement et l'on martèle finalement la soudure.

Cette méthode est due à Elihu Thomson (1877), d'où l'importante Société de la Thomson-Houston pour l'exploitation des brevets. Voir la figure schématique (1) d'une machine électrique à souder les pièces en bout.

Avec ce procédé de la soudure par résistance, on emploie toujours le *courant alternatif* permettant d'obtenir simplement un courant très intense sous une faible tension au moyen du transformateur statique de Gaulard.

On intercale donc dans le circuit secondaire d'un transformateur, situé dans la machine, les pièces à souder qui sont serrées l'une contre l'autre entre deux mâchoires (ou étaux) généralement en cuivre rouge très conducteur, commandées par pédales ou par leviers. Les pièces constituant le point le plus résistant du circuit s'échauffent rapidement jusqu'à la fusion sous les machoires et se soudent parfaitement. Dans un travail continu, les électrodes sont refroidies par une circulation d'eau, comme les culasses des moteurs à explosion. L'intensité du courant secondaire est réglable suivant l'épaisseur des pièces à souder sur la machine.

Pour la soudure par points, la soudure électrique s'exécute sur bords chevauchés ou pièces superposées, des tôles en général, serrées entre deux pointes métalliques, en cuivre ou en charbon, qui sont reliées à l'un des pôles du courant alternatif monophasé de faible voltage (3 à 6 volts) et de grande intensité, grâce au transformateur statique. La résistance provoque l'échauffement et la fusion du métal entre les pointes-électrodes ; ce qui réalise *l'assemblage* dit *par points*, plus ou moins rapprochés suivant les besoins. Sur ce principe, on a construit des machines à souder par points et par recouvrement donnant un travail semblable à du petit rivetage. Nous les verrons plus loin. On constate déjà comment la soudure électrique dans ses applications lutte avec le rivet qu'elle peut remplacer souvent et avec avantage, grâce à la rapidité d'exécution, à l'économie de main-d'œuvre et de matière réalisée. Ces genres de soudure autogène avec leurs variantes, s'effectuant par machines simples et robustes, présentent donc de grands avantages et sont susceptibles de nombreuses applications, mais elles s'appliquent surtout à des travaux en série sur des pièces métalliques de dimensions restreintes, pour des fabrications spéciales telles que maillons de chaînes et objets analogues, travaux de petite tôlerie, articles de quincaillerie et ustensiles de ménage, boîtes métalliques, fabrication d'outillage, etc., etc.

La soudure directe à l'arc qui nous reste à examiner est une soudure bien autogène, tout à fait comparable à celle obtenue par le chalumeau oxy-acétylénique. En effet, dans ce procédé électrique, on utilise directement, pour la fusion des bords à assembler, la haute température de l'arc voltaïque

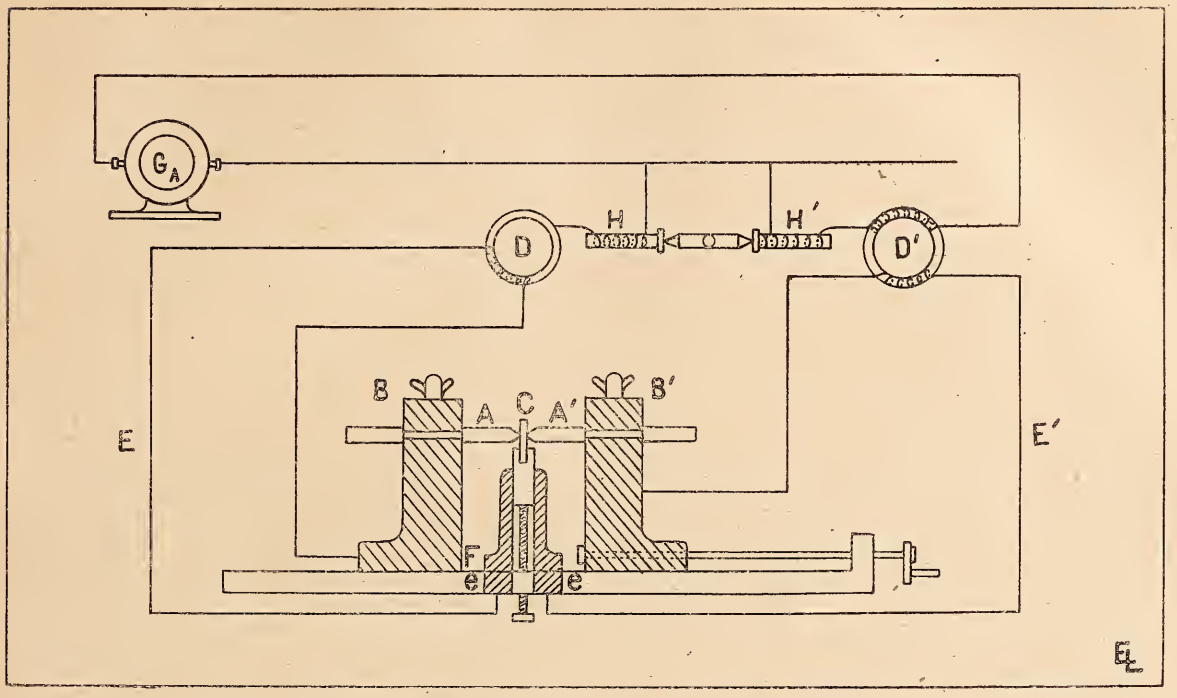


Fig. 1. — Schéma d'une machine à souder par résistance *(Rivetage électrique)*.

LÉGENDE : GA (Générateur de courant. Alternateur). — DD' Transformateur statique. — HH' Résistance de réglage. — BB' Mâchoires mobiles. — AA' Electrodes en pointes. — ee' Circuits secondaires. — C Pièces à riveter électriquement.

(3.500° d'après Violle) qui jaillit, soit entre la pièce à souder et un crayon de charbon, soit entre la pièce et le métal d'apport, l'électrode métallique préparée spécialement.

Température de l'arc. — La température de l'arc a été l'objet de bien des recherches, d'expériences et des travaux de nombreux savants.

Dès la découverte de l'arc voltaïque par Hemphry Davy, au début du dix-neuvième siècle, beaucoup de chercheurs ont eu l'idée d'employer la haute température développée par cet arc pour opérer la soudure intime de métaux semblables ou différents.

Mais ce n'est vraiment que lorsque Gramme et Sciemens eurent établi un type industriel de dynamo à courant continu, capable de fournir un courant intense, que les recherches se multiplièrent pour aboutir enfin au succès. Signalons les recherches de Wilde (1867), Sciemens (1881) et E. Thomson (1886).

L'étude de la température de l'arc électrique a fait l'objet, depuis son apparition, de nombreuses investigations.

Sa détermination absolue est un problème complexe et difficile, car elle varie suivant les diverses régions de l'arc et suivant l'intensité du courant d'alimentation.

En fait, quand on observe les spectres des charbons (±) et celui de l'arc, en même temps que l'on fait varier l'intensité du courant, on constate que le spectre du charbon positif ne change pas; le cratère de ce charbon (+) étant le siège du phénomène pyhsique de l'ébullition du carbone (3500°), *tout en restant à l'état solide.* Mais les spectres du charbon négatif et de *l'arc* changent d'un instant à l'autre et deviennent d'autant plus vifs que l'intensité est plus grande. Nous indiquons ci-après les différentes températures de l'arc obtenues par divers savants. (V. tableau, p. 444.)

L'application la plus intéressante au point de vue industriel de la haute température réalisée dans l'arc est celle de *la soudure électrique.* En effet, cette soudure à l'arc est très employée actuellement dans un grand nombre de travaux de constructions et de réparations, sur presque tous les métaux et alliages industriels, même sur le *stellite* et pour toutes les épaisseurs.

Tableau des différentes températures de l'arc.

Arc électrique d'après Rosetti.	*charbon négatif*...	3.000°	La température de l'arc est donc comprise entre 3.400° et 4.800°
	charbon positif...	4.000°	
	Arc.....	4.800°	
D'après Wilson et Gray.....		3.400°	
D'après Wanner (charbon à mèche)		3.427°	
Ferry	loi de Stefan.....	3.490°	
	loi de Wien.....	3.897°	
Violle (calorimètre) (température la plus adoptée).....		3.500°	
Wanner et Bruyen Profess. H. Le Chatelier	pyromètre Wanner.....	3.680°	
	— Holborn et Karlbarn.....	3.690°	—
	— Le Chatelier.....	3.720°	4.000°
	.....		
	pyromètre optique.....	4.100°	en moyenne

Production et entretien de l'arc. — En général, l'arc électrique se produit entre la pièce traitée et l'extrémité d'une *electrode* constituée par une *baguette métallique de même nature* qui fond au fur et à mesure et joue le rôle du métal d'apport. La température très élevée de l'arc porte à fusion les bords à souder, en même temps que fond l'extrémité de la baguette électrode; il en résulte une liaison intime, une soudure autogène parfaite qui s'exécute très rapidement et économiquement.

Cette soudure à l'arc connue depuis fort longtemps, ne s'éxécute plus aujourd'hui de la même manière qu'autrefois, les nécessités industrielles de la guerre lui ont fait accomplir un grand progrès.

1°) C'est le Russe *Bénardos* qui en fut le premier inventeur, en 1881, en cherchant la soudure autogène du plomb. Il provoquait l'éclatement de l'arc entre deux charbons de cornue qu'il approchait des pièces à souder (pièces en acier). Mais la soudure obtenue par ce procédé était carburée et cassante. Aussi ne fut-elle appliquée que pour boucher des criques ou des soufflures; elle n'est guère recommandable pour souder des tôles et exécuter des pièces de chaudronnerie. Il faut marteler la matière encore chaude pour redonner du nerf au métal; enfin, un recuit au rouge suivit d'un refroidissement lent corrige l'aigreur du métal provoquée par la fusion et l'écrouissage.

Perçage de trous. — Toutefois, avec le *procédé Bénardos,* on peut percer aisément un trou dans une tôle, en la reliant avec le générateur et en provoquant un arc entre le point à percer et une électrode de charbon. Le métal fond et si la durée de l'arc est suffisante, celui-ci perfore la tôle.

On peut alors river deux tôles ainsi percées, en introduisant une tige métallique dans le trou commun et en fondant les extrémités pour former des masselotes, têtes des rivets. Pour les pièces épaisses, M. Howard faisait travailler plusieurs arcs à la fois, tout en les passant très rapidement sur les surfaces à chauffer, dans le but d'attaquer le métal de plusieurs côtés et d'arriver ainsi promptement à la température voulue.

Il a pu obtenir des résultats sans précédents, grâce à ce double artifice d'exécution ingénieuse.

2°) Ensuite, un autre russe, *Slavianof* eut l'idée d'employer l'électrode métallique et de faire jailli-l'arc entre la pièce à traiter et cette baguette électrode nue (1889). Dans ce procédé, l'électrode (métal d'apport) en fondant fournit le métal de la soudure.

L'*électrode nue* (bare metal electrode) est encore très employée en Amérique à cause de son prix peu élevé.

La température de l'arc avec ce genre d'électrode est plus basse que celle avec l'électrode en charbon, par suite il y a moins de risque de brûler le métal à souder. En outre, la soudure obtenue au fer, comme métal d'apport, pour obstruer la cavité de la pièce à réparer, est moins dure que celle par le procédé Bénardos au charbon et se prête plus facilement au travail de l'outil, mais elle est plus difficile à réaliser. On doit prendre soin d'éviter tout court-circuit prolongé qui souderait l'électrode en fer à la pièce. Avec l'électrode en fer, l'arc suit toujours les gouttes de métal fondu, au lieu qu'avec le procédé au charbon la flamme peut dévier autour de l'endroit à traiter et compromettre un travail délicat, ce qui est impossible avec l'emploi de l'électrode métallique. Le courant alternatif comme le continu donne de bons résultats avec ce procédé; le continu, utilisé avec l'électrode métallique comme pôle positif, semble fournir de meilleure soudure.

Le transport du métal fondu de l'électrode à la pièce à souder pouvant même se faire de bas en haut, on peut donc appliquer la soudure avec l'arc dans cette position, ce qui est un avantage important sur la soudure autogène pour les réparations de chaudières de navires où ce travail de bas en haut est fréquent. Mais l'électrode métallique nue présente encore certains désavantages, d'abord l'oxydation par l'air du métal en fusion pendant son passage à travers l'arc; l'oxyde ainsi formé provoque des soufflures et la soudure est en général peu résistante. L'électrode nue s'échauffe à une certaine distance de l'arc et s'oxyde à l'air, enfin une certaine quantité de chaleur est ainsi perdue, d'où consommation plus grande de courant, d'énergie RI^2 pour produire un même effet utile.

(*A suivre.*)

Ch. Andry-Bourgeois,
Ingénieur des mines et E. S. E.

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

L'amélioration du facteur de puissance.

des distributions en courant alternatif (*suite*) (1).

La distribution et la construction de ces appareils sont analogues à celles des enregistreurs de kw-heure, mais les enroulements sont disposés de manière à donner à un moment quelconque une lecture exacte en k. v. a. heure avec une approximation, pour une série de mesures qui est d'ordinaire de 70 % à 95 % ou de 75 % à 100 % selon les besoins.

L'appareil d'intégration des k. v. a. heure est muni d'un indicateur de demande maximum pour relever la demande k. v. a. pendant une période de 15 minutes ou toute autre période.

L'évaluation de la consommation en unités légales nécessite l'installation d'une mesure étalon de kw-heure. L'équipement des appareils enregistreurs décrits ci-dessus consiste, d'après cela, en ce qui suit :

Intégrateur k. v. a. enregistrant la demande d'énergie :

Intégrateur kw-heure, avec enregistrement ou non de l'énergie demandée.

Appareil automatique de contrôle ou dispositif de couplage commandant les deux intégrateurs.

Transformateur de courant.

Un équipement de ce genre fut installé dans une grande usine de guerre du sud de l'Angleterre, établie par Landis Gyr-Ltd.

Les quantités d'énergie fournies par les secteurs sont basés sur la lecture des demandes faites sur l'enregistreur k. v. a. et l'énergie fournie, par la lecture de l'enregistreur watt-heure.

En y ajoutant la lecture de la demande maximum inscrite sur l'enregistreur de kw, on peut se faire une idée approximative sur le facteur de puissance qui peut être réalisé, et la comparaison des intégrateurs des deux enregistreurs peut donner un résultat analogue. Avec un facteur de puissance en avance sur la f. é. m., les lectures faites sur l'enregistreur de k. v. a. seront retardées, ce qui évitera des pénalités au consommateur, si le facteur de puissance avance au lieu de retarder sur la f. e. m.

Quand des convertisseurs rotatifs ou des condensateurs sont installés, et que le facteur de puissance a probablement une valeur en avance sur la f. e. m. au moment de la pointe de charge, il est essentiel que l'appareil enregistreur de kw-heures soit muni d'un indicateur de demande enregistrant celle-ci en kw., par exemple, soit à 90 % de facteur de charge en avance ; l'appareil k. v. a. donnant une lecture beaucoup moindre que l'équivalent de la demande en k. v. a. ou kw.

Un dispositif d'ensemble des appareils décrits plus haut a été installé à la sous-station contenant les convertisseurs rotatifs. Le facteur de puissance est d'habitude l'unité, ce qui fait que les avances, les retards et le bon fonctionnement des instruments sont excellents dans ces conditions.

Ces remarques doivent suffire pour montrer quelle est la responsabilité du consommateur pour l'amélioration du facteur de puissance, qu'il s'agisse des nombreux petits consommateurs qui sont alimentés par une station principale ou par une sous-station dans laquelle la seule solution pratique est d'installer un ou plusieurs condensateurs de dimensions suffisamment grandes, disposés soit pour fournir le courant à un ou plusieurs consommateurs en différents points, soit dans la sous-station elle-même.

Le secteur doit s'efforcer autant que possible d'obtenir un rendement des capitaux engagés par une méthode de distribution du courant qui fait l'objet de l'exposé suivant.

Méthodes d'amélioration du facteur de puissance. — Il existe une limite pratique en dessous de laquelle le facteur de puissance du courant alternatif industriel ordinaire ne peut être relevé sans avoir recours à l'installation d'appareils destinés à l'améliorer.

Pour une distribution d'énergie industrielle de 500 kw afférente à des moteurs de puissance variant de 5 à 100 hp, la plus grande partie étant de 50 hp, on trouve que pour un meilleur dispositif de commande, etc., le facteur de puissance n'est pas, dans la plupart des cas, supérieur à 82 %; pour bien des fournitures de courant, il descend le plus souvent au-dessous de ce chiffre.

Pour des raisons que nous aurons à expliquer plus loin, il n'est pas de bonne pratique de faire des installations qui améliorent le facteur de puissance, au-dessous de 95 %.

(1) Voir *l'Electricien*, 1er octobre 1920.

Tant que le courant retardé déwatté qui donne naissance au facteur de puissance est attribuable au moteur d'induction lui-même, il en résulte que l'amélioration du facteur de puissance sera d'autant plus importante que l'on se rapprochera du lieu de consommation, c'est-à-dire des moteurs. On constate ainsi que, dans la plupart des cas, le facteur de puissance de l'installation est amélioré par une meilleure connection indirecte aux barres du tableau de distribution principale de puissance dans la salle des départs des courants destinés aux consommateurs.

Dans le cas de distribution de grandes charges, soit 1.000 kw ou davantage, il sera souvent trouvé préférable de partager la capacité du condensateur en plusieurs unités échelonnées en différentes sous-distributions et réduire ainsi d'autant la section des feeders de distribution. Il est cependant tout à fait impossible d'établir un règlement strict et d'application rapide pour chaque cas selon son importance.

Les améliorations du facteur de puissance peuvent être effectuées par les méthodes suivantes :

1° Substitution de moteurs synchrones aux moteurs d'induction si possible.

2° Installation de convertisseurs rotatifs ou générateurs, actionnés par des moteurs-générateurs synchrones, au lieu de moteurs-générateurs d'induction.

3° Installation de rectificateurs de facteur de puissance.

Plusieurs industries sont actuellement alimentées par de l'énergie à courant direct au moyen de moteurs-générateurs d'induction prenant le courant sur un réseau public de distribution de courant alternatif, et le remplacement de ceux-ci par des convertisseurs rotatifs qui n'auraient seulement que la moitié environ de la perte de rendement, améliorerait le facteur de puissance vers l'unité. Dans d'autres industries, le courant utilisé, soit comme courant alternatif, soit comme courant continu, est fourni par le secteur de distribution publique de courant alternatif, ce qui nécessite alors l'installation de moteurs-générateurs d'induction, si l'on remplace ces dispositifs par des convertisseurs rotatifs ayant pour effet d'améliorer jusqu'à l'unité le facteur de puissance du courant continu transformé ou bien en ajoutant par excitation complémentaire des courants polyphasés en vue d'obtenir la correction du facteur de puissance de la charge partielle ou totale du courant alternatif d'une manière directe.

La première des deux premières méthodes a une application limitée par elle-même, mais la méthode 3 est susceptible d'un développement très considérable.

Les dispositifs de rectification du facteur de puissance peuvent être divisés en 3 classes comme suit :

a) Un avanceur de phase du type vibrateur ou du type rotatif fonctionnant conjointement avec un moteur d'induction à bagues collectrices.

b) Un condensateur rotatif.

c) Un condensateur statique.

Actuellement l'avanceur de phase du type vibrateur nécessite une excitation séparée; on l'utilise, dans la pratique, avec des moteurs d'induction à grandes bagues collectrices, ce qui donne un rendement élevé.

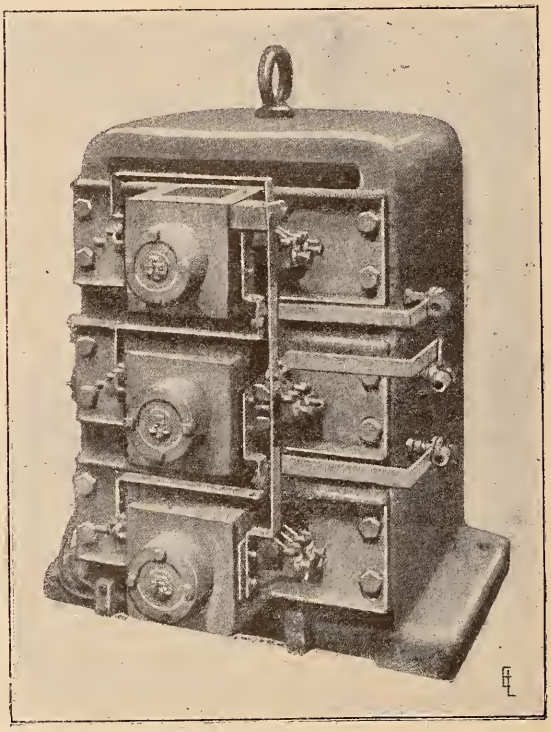


Fig. 3. — Vibrateur Kapp.

L'avanceur de phase du type rotatif n'a pas besoin d'excitation séparée, mais doit être commandé par courroies ou bien par le moteur pour lequel on recherche l'amélioration du facteur de puissance.

Le condensateur rotatif est limité dans la pratique aux corrections importantes du facteur de puissance; l'inconvénient est que la perte de rendement est considérable.

Tous les appareils qui précèdent demandent une grande attention et un entretien soigné, alors que le condensateur statique ne nécessite pas une attention particulière, et pratiquement pas d'en-

tretien ; ils ont un rendement très élevé et s'adaptent également aux grandes comme aux petites charges.

a) Avanceurs de phase. — Les avanceurs de phase sont installés pour fonctionner conjointement avec des moteurs àsynchrones d'induction à bagues collectrices : ils sont divisés en 2 classes comme suit :

1° L'avanceur de phase Kapp, du type vibrateur.

2° L'avanceur rotatif.

1° L'avanceur de phase Kapp est construit en Angleterre par MM. Holmes and C° et la G. E. C° Ltd ; il se recommande particulièrement comme étant de construction solide et de bon rendement (Voir fig. 3).

Le principe de cet appareil est basé sur le fait que le conducteur d'un courant alternatif dans un champ magnétique tend à se mouvoir, et en se déplaçant un courant induit prend naissance avec une f. e. m. retardée de 90°. Si le courant du rotor d'un moteur d'induction est envoyé à travers un conducteur situé dans un champ magnétique constant, le conducteur oscillera avec une fréquence dépendant du glissement du moteur.

(*A suivre.*) C. S.

Lampe électrique de signal lumineux avec capot amovible.

La lampe électrique est fréquemment employée pour la transmission des signaux lumineux, notamment dans la Marine.

Or, lorsque la lampe est montée à l'intérieur d'une gaine qui dirige le faisceau lumineux, comme c'est le cas fréquent, si l'on veut changer la couleur de la lampe, il faut démonter celle-ci, souvent rapidement, ce qui n'est pas chose toujours aisée, et nécessite un temps quelquefois précieux.

La lampe est placée la plupart du temps dans un bordage, ou dans un panneau, dont la face arrière est souvent peu accessible pour permettre de dévisser facilement et rapidement le culot de la lampe.

Les indications que doit fournir la lampe peuvent être beaucoup plus aisément changées en employant un petit capot amovible, constitué par une sorte de douille de cartouche, comme l'indique la figure ci-contre.

Ce capot, portant en bout une petite fenêtre colorée, avec un rebord, peut être facilement mis en place avec les doigts et être glissé sur la lampe, dont on a besoin de modifier la couleur, ou même la masquer complètement avec un capot plein, c'est-à-dire sans fenêtre, s'il y a lieu.

Il suffit, à cet effet, que ce capot s'ajuste sans trop de serrage dans la gaine de protection de la lampe, et puisse être mis en place en le tournant légèrement pour faciliter son introduction.

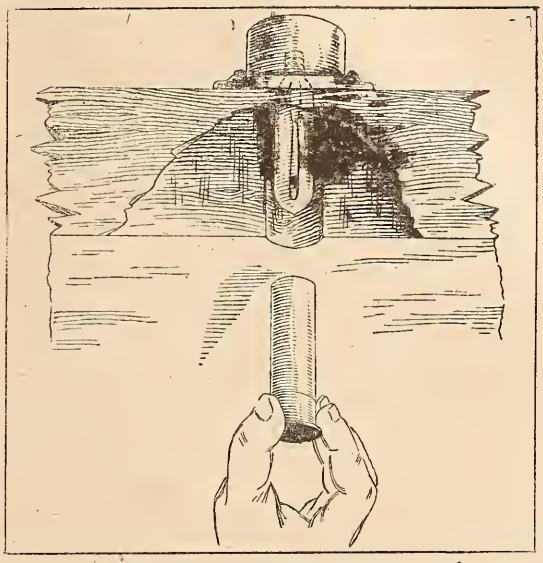


Fig. 1. — Changement d'un signal de lampe électrique au moyen d'un capot amovible.

Avec ce système, toute une série de capots portant des couleurs différentes peuvent être insérés très rapidement sur la lampe électrique pour la transmission des signaux les plus complexes.

(D'après *Power*). F. Babey,
Ingénieur A et M.

Unification du voltage en Suisse.

Aux meetings de juin la *Swiss Elektrotechnische Verein* et la *Vorband Schweizer Elektrizitætswerke* se sont mises d'accord pour l'adoption des faibles voltages. Deux séries de potentiels avaient été préalablement proposées :

1°) Courants alternatifs à 115,220 ou 350 volts et courants continus à 110,220, 440 volts.

2°) Courants alternatifs à 145,250, 440 volts et courants continus à 125, 250 et 500 volts.

A une faible majorité le 1er système fut déclaré préférable et fut finalement adopté à l'unanimité par les deux Sociétés. Ces voltages sont donc déclarés normaux et les industriels sont priés de s'y conformer pour les usines à construire comme pour les usines anciennes.

Ces chiffres représentent les voltages aux bornes des appareils de consommation, sous charge normale. Quant aux lignes de transmission de nouvelles règles seront bientôt publiées. — M. G.

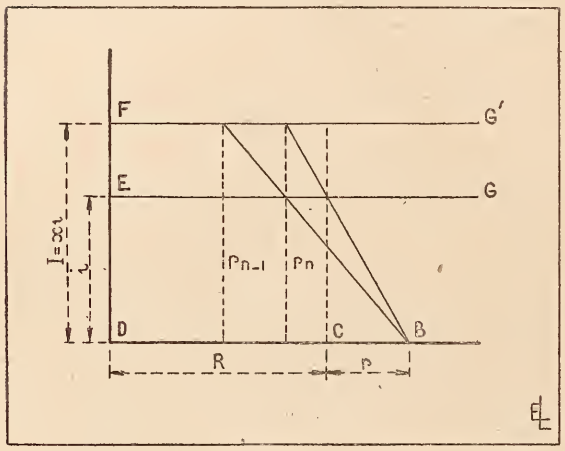
CORRESPONDANCE

++++++++

CALCUL D'UN RHÉOSTAT

La méthode de calcul indiquée par M. Fornaro n'est qu'une déformation erronée de la méthode classique et bien connue de Gorges. La voici en abrégé dans son intégrité :

n nombre de plots.
r résistanee induit.
R résistance totale du rhéostat.
i intensité normale.
I intensité de démarrage.
$x = I/i$.



Pour un moteur dont les démarrages sont fréquents et courts on prend pour x la valeur 1, 2 à 1, 3. Pour des démarrages peu fréquents et quand le m teur est froid 2 à 2,5. Quant les données utiles manquent 1,5, cette valeur convient principalement pour la construction en série.

$$R = \frac{E}{I} - r$$

On porte sur une horizontale DB à une échelle convenable de D en C la résistance R et de C en B r. Sur une verticale élevée du point D, on porte D E $= i$ l'intensité normale D F $= I = xi$. On trace ensuites les deux lignes G et G'.

Pour avoir r_n on joint B au point d'intersection de G avec la normale élevée en C à CD et on prolonge jusqu'en G'. De ce dernier point on abaisse sur G une perpendiculaire dont on joint le pied à B pour avoir r_{n-1} et ainsi de suite.

Il peut arriver que le dernier rayon tiré de B ne tombe pas en F dans ce cas on modifie le rapport x.

G. Dumé.

L'IMPOT SUR LE CHIFFRE D'AFFAIRES DANS LES DISTRIBUTIONS D'ELECTRICITE

++

Dans le numéro 1260 du 15 septembre 1920, l'*Electricien* a publié une note relative à l'impôt sur le chiffre d'affaires. — La question que vous avez envisagée ferait croire que l'électricité doit supporter cet impôt. La situation est la suivante :

Exemptions : articles 60-3°.

1° Les concessionnaires ayant des *tarifs homologués* ne le supportent pas en ce qui concerne les affaires faites en appliquant ces tarifs ; mais toutes leurs autres affaires, non soumises à l'application de prix fixés pour leur cahier des charges, sont passibles de l'impôt.

Energie, branchements, entrées de poste, colonnes montantes, compteurs limiteurs sont prévus au cahier des charges ; mais si les installations électriques particulières peuvent être faites par tout entrepreneur le concessionnaire agit alors à titre d'entrepreneur libre de ces prix et par conséquent doit l'impôt qu'il récupérera directement ou indirectement de la même façon que ces concurrents.

2° Les producteurs ou distributeurs non concessionnaires, ayant ou non des permissions de voirie, ne sont soumis à aucun contrôle ou obligation sur leurs prix de ventes, ils doivent l'impôt sur toutes leurs affaires et entrent dans le droit commun et général pour leur récupération.

Si dans leurs contrats, une clause générale visait les impôts et droits frappant l'électricité (vente, production, transport, distribution etc.), la récupération est de droit.

Il en sera de même à partir de la date ultérieure de la révision des prix, si cette révision a été prévue par suite d'un fait nouveau à toute époque ou d'une façon générale suivant le prix de revient à des époques fixes successives.

L'impôt est d'après la loi récupérable, à condition que l'acheteur l'accepte amiablement ou par suite des conditions d'un contrat. Mais cette récupération n'est pas d'office de plein droit mis à la charge de l'acheteur ; c'est le chiffre d'affaires qui est frappé, il est payable par celui qui les a réalisées, comme la loi n'a pas spécifié qui devra du vendeur ou de l'acheteur doit le supporter.

Il y a lieu de rapprocher les expressions « taxes sur les paiements » et « impôt sur le chiffre d'affaires ».

3° Si l'impôt avait été applicable aux concessionnaires, la clause d'impôt figure ou sera incorporé par un avenant au cahier des charges et récupéré dans les conditions et en la forme qui aura été fixée par l'administration supérieure (Voir décret portant modification du cahier des charges, publié par l'*Electricien*).

Il est du plus grand intérêt pour la corporation des producteurs et distributeurs de faire connaître les exemptions de la loi qui les intéressent et qui souvent ne leur est pas connu, cela d'autant plus que le fisc perçoit toujonrs, si le contribuable ne peut même par ignorance justifier l'exemption ou si il y a doute.

G. Fauquet,
Montluçon.

LÉGISLATION

MODÈLE DE RÈGLEMENT D'EAU

pour les entreprises autorisées. (Application de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique).

Le préfet du département de

Arrête :

Art 1er. — *Autorisation de disposer de l'énergie.*

M. X... est autorisé, dans les conditions du présent règlement et pour une durée de ans à disposer de l'énergie de la rivière ou du lac de pour la mise en jeu d'une usine située dans la commune de (département de) et destinée à (1) .

La puissance maximum de l'usine est évaluée à kilowatts.

Art. 2. — *Section aménagée.*

Les eaux sont dérivées au moyen d'un barrage situé à (2) environ, d'une prise pratiquée à (2) environ; elles seront restituées à la rivière à (3) environ.

La hauteur de chute sera d'environ en eaux moyennes.

Art. 3 — *Caractéristiques de la prise d'eau.*

Le niveau { légal de la retenue / normal des eaux de navigation (4) } est fixé à en contre { haut d / bas d } point pris pour repère provisoire (5).

Le volume total de l'eau dérivée n'excédera pas par seconde.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à par seconde (6).

Les dispositions des ouvrages destinés à assurer l'exécution des prescriptions imposées aux alinéas 2 et 3 du présent article seront approuvées par arrêté préfectoral sur la proposition du permissionnaire, et le rapport :

Des ingénieurs du service hydraulique (7);

Des ingénieurs du service de la navigation.

En cas de désaccord, il sera statué par le ministre des travaux publics (8).

Art. 4. — *Déversoir et vannage de décharge.*

Le déversoir sera placé à (9) environ.

Il aura une longueur de au moins.

Sa crête sera dérasée à en contre { haut / bas } { du repère provisoire. / de (10) point pris pour repère.

Ce repère devra toujours rester accessible aux agents de l'administration qui ont qualité pour vérifier la hauteur des eaux (10).

Le vannage de décharge présentera une largeur libre de : son seuil sera établi à au-dessous du niveau { normal des eaux. / légal de la retenue (11) } { de / navigation. } au point spécifié à l'article 3.

Le sommet de toutes les vannes sans exception sera arasé dans le plan de la retenue. Elles seront disposées de manière à pouvoir être facilement manœuvrées et à se lever au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

Art. 5. — *Canaux de décharge et de fuite.*

Les canaux de décharge et de fuite seront disposés de manière à embrasser à leur origine les ouvrages auxquels ils font suite et à écouler facilement toutes les eaux que ces ouvrages peuvent débiter.

Art. 6. — *Transmission des eaux à l'aval du canal de fuite.*

La transmission des eaux en aval par le canal de fuite devra se faire de manière à ne jamais compromettre la salubrité publique, l'alimentation des hommes et des animaux, les satisfaction des besoins domestiques (12). la conservation du poisson et d'une façon générale la bonne utilisation des eaux (13).

Les dispositions des ouvrages feront l'objet de propositions motivées par le permissionnaire et approuvées s'il y a lieu, par un arrêté rendu sur le rapport des ingénieurs.

Art. 7. — *Dispositions accessoires.*

(Indiquer. ici s'il y a lieu, les dispositions (14) accessoires relatives à la circulation des graviers, au maintien des ouvrages d'utilité générale. etc.)

Art. 8. — *Grillages et échelle à poissons.*

Le permissionnaire sera tenu de placer et entretenir à l'amont de la prise d'eau des grillages dont l'emplace-

---

(1) Spécifier si l'usine a ou nom pour objet principal la fourniture de l'énergie à des services publics de l'Etat, des départements, des communes et des établissements ou à des associations syndicales autorisées.

(2) Les emplacements seront repérés par rapport à un point invariable (ouvrage public, confluent de rivières, etc.).

(3) Les emplacements seront repérés par rapport à un point invariable (ouvrage public, confluent de rivières, etc.).

(4) Indiquer ici, lorsqu'il s'agit d'un cours d'eau domanial, le point où le niveau des eaux doit être observé lorsque ce n'est pas leur niveau sur un barrage de retenue qui détermine la manœuvre des vannes.

(5) Alinéa à supprimer lorsque la rivière est torrentielle et encaissée et que le permissionnaire a été dispensé d'établir des ouvrages régulateurs.

(6) Cet alinéa pourra être supprimé lorsque les intérêts généraux ne seront pas compromis sur la section de rivière correspondant à la dérivation par le détournement du volume maximum dérivé.

(7) Cet alinéa ne sera inscrit que s'il est impossible de déterminer les dispositions des ouvrages avant la clôture de l'instruction.

Dans le cas contraire, il sera supprimé et ces dispositions seront insérées immédiatement dans le présent article.

(8) Sur les cours d'eau du domaine public seulement.

(9) Indiquer l'emplacement du déversoir et spécifier s'il est formé d'une ou plusieurs parties fixes ou mobiles en laissant au permissionnaire autant de latitude que possible.

(10) Alinéa à supprimer s'il y a un niveau légal de la retenue à maintenir lorsque la rivière est torrentielle et encaissée, que le permissionnaire est dispensé d'établir des ouvrages régulateurs et qu'il n'y a par suite pas de niveau légal de la retenue. Dans ce cas, les alinéas 4 et 5 sont à supprimer.

(11) Dans le cas où il s'agit de réglementer une usine existante, indiquer si les vannes de décharge doivent être conservées en totalité ou en partie et quel débouché le vannage nouveau doit y ajouter.

(12) Sur les cours d'eaux domaniaux ajouter la navigation et le flottage.

(13) Compléter s'il y a lieu. les prescriptions par les conditions spéciales à imposer an permissionnaire pour sauvegarder les divers intérêts généraux, notamment la navigation et le flottage.

(14) Dans le cas où l'écoulement des graviers doit être assuré par la manœuvre de vannes, insérer après la description de ces ouvrages la clause suivante ;

« Le permissionnaire sera tenu de manœuvrer les vannes et de prendre toute mesures nécessaires pour que l'exhaussement du lit en amont du barrage ne préjudicie pas aux intérêts généraux. »

ment et les dispositions devront être agrées par le service du contrôle.

Le permissionnaire sera tenu à toute époque si l'administration l'exige, d'établir et d'entretenir dans le barrage une échelle à poissons (1). Elle sera exécutée sur l'emplacement et d'après les dispositions qui devront être proposés par le permissionnaire et agréées par le service de contrôle, d'accord avec l'administration des eaux et forêts.

Art. 9 (2). — *Repère.*

Il sera posé aux frais du permissionnaire, en un point qui sera désigné par l'ingénieur, un repère définitif et invariable du modèle adopté dans le département.

Ce répère dont le zéro indiquera seul le niveau { légal de retenue / normal des eaux de navigation } devra toujours rester accessible aux agents de l'administration qui ont qualité pour vérifier la hauteur des eaux et demeurer visible aux tiers intéressés.

Le permissionnaire sera responsable de la conversation du repère définitif ainsi que de celle des repères provisoires jusqu'à la pose du repère définitif.

Art. 10. — *Manœuvre de vannes de décharge et autres ouvrages.*

Dès que les eaux dépasseront le niveau { normal de la navigation / légal de la retenue } le permisionnaire sera tenu de manœuvrer les ouvrages de décharge pour ramener les eaux à ce niveau. Il sera responsable de leur surélévation, tant que les vannes ne seront pas complètement levées.

Il sera tenu également de manœuvrer les ouvrages prévus aux aricles 3 et 6, de façon que les conditions imposées en ce qui concerne la dérivation et la transmission des eaux soient respectées, il devra installer les appareils de contrôle nécessaires après en avoir fait agréer les dispositions par les ingénieurs. Dès que les eaux s'abaisseront dans le bief au-dessous du niveau normal de navigation ou que (3).

Le permissionnaire sera tenu d'interrompre le fonctionnement de la prise d'eau. Il sera responsable de l'abaissement des eaux tant que les orifices de prises ne seront pas clos hermétiquement.

En cas de refus ou de négligence de sa part d'exécuter les manœuvres prévues au présent article en temps utile, il sera pourvue d'office à ses frais soit par le maire de la commune, soit par les agents de l'administration des ponts et chaussées, sans préjudice dans tous les cas des dispositions pénales encourues et de toute action civile qui pourrait lui être intentée à raison des pertes et des dommages résultant de son refus ou de sa négligence.

Art. 10 *bis* (4). — *Manœuvres relatives à la navigation et au flottage.*

Il est expressément interdit au permissionnaire de s'immiscer en rien, sans un ordre spécial de l'administration, dans les manœuvres relatives à la navigation.

Toutefois, il sera tenu de procéder à la manœuvre des vannes du pertuis de flottage et du canal de prise d'eau sur la réquisitioa des flotteurs sans qu'il puisse réclamer de se chef aucune indemnité à moins de contraventions de la part des flotteurs aux règlements auxquels ils seront soumis. Faute par le permissionnaire d'exécuter convenablement cette manœuvre les flotteurs pourront y procéder eux-mêmes, sans préjudice de l'action en dommages et intérêts qu'ils pourront exercer contre qui de droit.

Art. 11. — *Nature des eaux rendues.*

Les eaux rendues à la rivière ne devront pas, par leur température ou leur nature, compromettre la salubrité publique, l'alimentation des hommes et des animaux, la satisfaction des besoins domestiques, les utilisations agricoles ou industrielles, la conservation du poisson.

Art. 12. — *Curage du bief.*

Toutes les fois que la nécessité en sera connu et qu'il sera acquis par l'autorité administrative, le permissionnaire sera tenu d'effectuer le curage du bief de la retenue dans toute l'amplitude du remous (5) sauf l'application des règlements ou usage locaux. et sauf le concours qui pourrait être réclamé des riverains et autres intéressés suivant l'intérêt que ceux-ci auraient à l'exécution de ce travail.

(6) Lorsque le bief ne sera pas la propriété exclusive du permissionnaire, les riverains, s'ils le jugent préférable, pourront d'ailleurs opérer le curage eux-mêmes et à leurs frais, chacun au droit de soi et dans la moitié du cours d'eau.

Art. 13. — *Observation des règlements.*

Le permissionnaire sera tenu de se conformer à tous les règlements existants ou à intervenir sur la police, le mode de distribution et le partage des eaux.

Art. 13 *bis*. — *Entretien des ouvrages.*

Tous les ouvrages intéressant soit la conservation et l'usage du domaine public, soit la navigation ou le flottage, doivent être constamment entretenus en bon état par les soins et aux frais du permissionnaire (7).

Art. 14. — *Réserve des droits des tiers.*

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

Il appartiendra au permissionnaire de se pourvoir auprès de qui de droit des autorisations nécessaires pour l'établissement des ouvrages en dehors du domaine public dépendant du service de la navigation situés sur les routes, chemins, ouvrages syndicaux, etc.

Art. 15. — *Surveillance des travaux. — Délais d'exécution. — Récolement.*

Les travaux ci-dessus prescrits seront exécutés sous la

(1) Le droit d'exiger l'établissement d'une échelle à poisson n'existe que sur les parties du cours d'eau portées sur les tableaux dressés en vertu du 2 de l'article 1er de la loi du 31 mars 1865 sur la pêche. Lorsqu'il y aura lieu d'exiger immédiatement l'établissement d'une échelle à poissons, la rédaction de l'alinéa 2 de l'article 8 devra être modifiée en conséquence.

(2) Lorsque dans le cas de rivières torrentielles et encaissées, le réglement n'impose pas d'ouvrages régulateurs, l'article 9 est à supprimer.

(3) Sur les cours d'eau domaniaux seulement. Dans les canaux où le manque d'eau est fréquent et l'alimentation coûteuse on indiquera, s'il y a lieu, le moment à partir duquel le permissionnaire sera tenu d'interrompre le fonctionnement, alors même que les eaux resteraient au niveau normal et au-dessus de ce niveau.

(4) A supprimer sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

(5) Seulement sur les cours d'eau non domaniaux.

(6) A supprimer sur les cours d'eau ne faisant par partie du domaine public.

(7) Lorsque l'entretien d'une partie des ouvrages doit être assuré par l'Etat, avec le concours du permissionnaire, la répartition des dépenses fait l'objet d'un décret spécial rendu dans la forme des règlements d'administration publique, conformément aux dispositions de l'article 34 de la loi du 16 septembre 1897, l'article 13 *bis* doit alors être ainsi rédigé : tous les ouvrages intéressant soit la conservation et l'usage du domaine public, soit la navigation ou le flottage en dehors de ceux dont l'entretien est assuré par l'Etat conformément au décret . doivent

surveillance des ingénieurs ; ils devront être terminés dans un délai de à dater de la notification du présent arrêté. A l'expiration de ce délai, l'ingénieur rédigera, aux frais du permissionnaire, un procès-verbal de récolement en présence de l'autorité locale et des parties intéressées dûment convoquées.

S'il résulte du récolement que les travaux sont conformes aux conditions de l'autorisation, le procès-verbal sera dressé en trois expéditions dont l'une sera déposée aux archives de la préfecture, la seconde à la mairie du lieu, et la troisième transmise au ministre compétent.

A toute époque, le permissionnaire sera tenu de donner accès dans les dépendances de l'usine, sauf dans les parties servant à l'habitation de l'usinier ou de son personnel, aux ingénieurs et agents de contrôle, de la navigation et de la pêche pour les besoins de ces services.

D'une façon générale, sur la réquisition des fonctionnaires du contrôle, il devra les mettre à même de procéder à ses frais à toutes les mesures, vérifications et expériences utiles pour constater l'exécution du présent règlement.

Art. 16. — *Clauses de précarité.*

Le permissionnaire ou ses ayants droit ne pourront prétendre à aucune indemnité ni dédommagement quelconque si, à quelque époque que ce soit, l'administration reconnaît nécessaire de prendre dans l'intérêt de la défense nationale, de la navigation, de la salubrité publique, de la police et de la répartition des eaux, des mesures qui les privent d'une manière temporaire ou définitive de tout ou partie des avantages résultant du présent règlement, il pourra seulement réclamer la remise totale ou partielle de la redevance prévue à l'article 19.

Si ces mesures devaient avoir pour résultat de modifier d'une manière définitive les conditions du présent règlement, elles ne pourront être prises qu'après l'accomplissement des formalités semblables à celles qui l'ont précédé.

Art. 17. — *Cession de l'autorisation. — Changement dans la destination de l'usine.*

Toute cession totale ou partielle de la présente autorisation, tout changement de permissionnaire devra, pour être valable, être notifié au préfet.

Le permissionnaire devra, s'il change l'objet principal de son entreprise, en aviser le préfet.

Art. 18. — *Taxe annuelle de statistique.*

Le permissionnaire sera tenu de verser à la caisse du receveur des domaines de la situation du lieu une taxe annuelle de statistique dont le montant sera fixé conformément aux articles 8 et 22 de la loi du 16 octobre 1919, par un rôle dressé par les ingénieurs du contrôle, sur la base de 5 centimes par kilowatt de puissance normale (produit de la hauteur de chute par le débit moyen annuel de la dérivation).

Cette taxe sera payable en une seule fois et exigible à partir de la date du procès-verbal de récolement ou au plus tard à partir de la date du procès-verbal ou récolement ou au plus tard à partir de l'expiration du délai fixé par l'article 15 pour l'achèvement des travaux (1).

Art. 19 (2). — *Redevance domaniale.*

Le concessionnaire sera tenu de verser à la caisse du receveur des domaines de la situation de l'usine une redevance annuelle de

Elle sera payable d'avance { par trimestre / en une seule fois } et exigible à partir de la date du procès-verbal de récolement ou au plus tard, à partir de l'expiration du délai fixé par l'article 18 pour l'achèvement des travaux (3).

Le chiffre de la redevance annuelle pourra être revisé tous les dix ans à compter de la date de son exigibilité (4).

Art. 20. — *Déchéance. — Mise en chômage. — Cessation de l'exploitation. — Renonciation à l'autorisation.*

Faute par le permissionnaire de se conformer dans les délais fixés, aux dispositions prescrites, l'administration pourra suivant les circonstances, prononcer la déchéance du permissionnaire ou mettre son usine en chômage et, dans tous les cas, elle prendra les mesures pour faire disparaître aux frais du permissionnaire tout dommage provenant de son fait, sans préjudice de l'application des dispositions pénales relatives aux contraventions en matières de cours d'eau ou de grande voirie.

Il en sera de même dans le cas où après s'être conformé aux dispositions prescrites par le présent décret, le permissionnaire changerait l'état des lieux fixés par le présent règlement sans y être préalablement autorisé.

Si l'usine cessait d'être exploitée pendant une durée de l'administration pourra prononcer la déchéance du permissionnaire et lui imposer le rétablissement à ses frais du libre écoulement du cours d'eau. Au cas où le permissionnaire déclarerait renoncer à l'autorisation, l'administration en prononcera le retrait et pourra imposer le rétablissement du libre écoulement des eaux aux frais du permissionnaire.

Art. 21. — *Renouvellement de l'autorisation.*

La présente autorisation sera renouvelée de plein droit pour une durée de trente ans si, un an au moins avant son expiration, l'administration ne notifie pas au permissionnaire sa décision contraire.

Si l'autorisation n'est pas renouvelée, le permissionnaire sera tenu de rétablir le libre écoulement du cours d'eau. Toutefois, l'Etat aura le droit d'exiger l'abandon à son profit des ouvrages de barrage et de prise d'eau édifiés dans le lit et sur ses berges, le tout avec indemnité.

(*Ce modèle est annexé au décret du 30 juillet 1920.*)

---

(1) Si le délai fixé pour l'achèvement des travaux ne dépasse pas une année, supprimer la mention du procès-verbal de récolement et rédiger l'alinéa de la manière suivante : Elle sera payable en une seule fois et exigible à partir de l'expiration du délai fixé par l'article 15 pour l'achèvement des travaux.

(2) A supprimer sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public.

(3) Si le délai fixé pour l'achèvement des travaux ne dépasse pas une année, supprimer la mention du procès-verbal de récolement le de la manière suivante :

Elle sera payable { par trimestre / en une seule fois } et exigible à partir de l'expiration du délai fixé par l'article 18 pour l'achèvement des travaux. Lorsque la jouissance est antérieure à la permission ajouter le suivant : Le premier terme comprendra le payement rétroactif des annuités dues à partir du

Si la jouissance a eu lieu en vertu d'une autorisation provisoire, le point de départ sera la date de l'arrêt préfectoral ayant provisoirement autorisé la prise d'eau. S'il n'y a pas eu d'autorisation provisoire, la fixation du point de départ doit être laissée à l'appréciation de l'administration et réglée d'après les circonstances de l'affaire, l'article 2277 du code civil n'étant pas ici applicable.

Le délai de trente ans peut être remplacé par un délai plus court lorsque des circonstances spéciales justifient cette mesure exceptionnelle.

(4) Lorsque le montant de la redevance a été fixé à un chiffre réduit, parce que la prise d'eau a pour objet d'assurer un service public, on devra ajouter : il sera en outre revisé dans le cas où la prise d'eau cesserait d'être affectée à

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

DISPOSITIF RÉCEPTEUR POUR TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Ce dispositif est basé sur la propriété des lampes à trois électrodes *s* et *s'* (fig. 1) montées en amplificateurs. On sait que les courants reçus dans le système récepteur *r* pourront être amplifiés à l'aide de lampes *s* et *s'* connectées

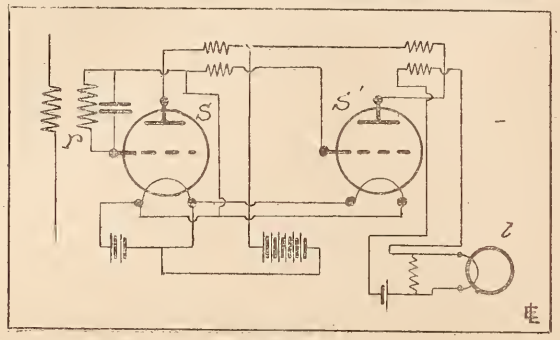


Fig. 1.

comme le montre la figure. Si l'on fait agir les courants amplifiés sur une petite lampe ordinaire *l*, l'éclat de cette dernière variera suivant les signaux reçus. Les variations d'éclat agiront alors sur un papier ou une pellicule sensible. — (Brev. Fr. 503.047).

PERFECTIONNEMENTS AUX FICHES DE COURANT

Cette fiche comprend (fig. 2) une gaine isolante *a* en ébonite et une gaine conductrice *b*. A l'intérieur de cette dernière peut glisser un piston *e* connecté au fil d'amenée de courant et maintenu par un ressort à boudin *f*.

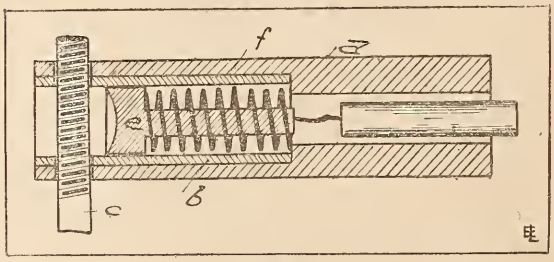


Fig. 2.

Le piston *e* est à arête circulaire et peut ainsi s'engager dans le filetage de la tige à connecter *c*.

La fiche doit servir en principe à relier une tige de bougie au distributeur de la magnéto. — (Brev. Fr. 503.571).

INSTALLATION POUR CHARGE DE BATTERIE D'ACCUMULATEURS

Cette installation comprend (fig. 3) en principe une dynamo *e* montée en série avec la batterie *f* d'accumulateurs ; par l'intermédiaire de contacts *c*, un rhéostat automatique *r* est intercalé dans le circuit shunt de la dynamo *e* ; il agit par court-circuitage de ses éléments. L'action du noyau de *r* est réglé par deux enroulements *s* et *s'* et par un ressort. Un interrupteur compound *a a'* commande le contact en *c*, par l'intermédiaire de l'armature *b*.

Si la dynamo atteint une certaine vitesse, la tension atteint une limite donnée, qui agit sur l'enroulement *s* et par conséquent sur le noyau de *r*, qui est attiré. Les premiers plots de *r* permettent la mise en circuit de l'enroule-

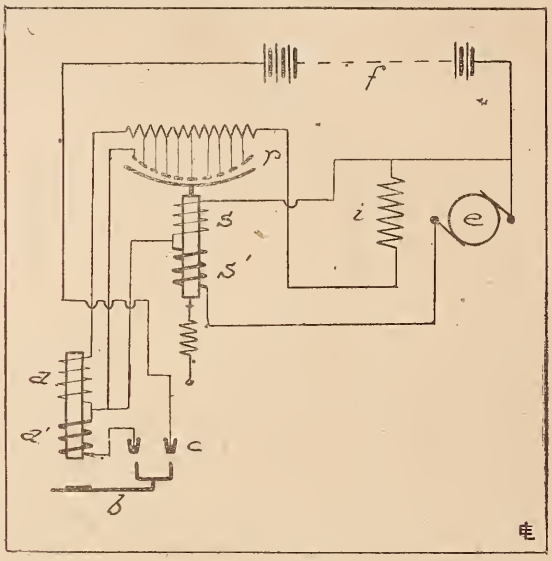


Fig. 3.

ment *a* dans le circuit d'excitation *i*. Il en résulte une attraction de *b*, et les contacts en *c*, reliés par l'armature, ferment le circuit de la batterie *f*.

Quand la vitesse diminue, les contacts en *c* sont coupés. — (Brev. Fr. 503.580).

LISEUSE-VEILLEUSE.

Elle se compose en principe d'une lampe électrique avec abat-jour montée sur un support placé derrière le lit *l*. Grâce à ce support, la lampe peut prendre trois positions différentes (fig. 4).

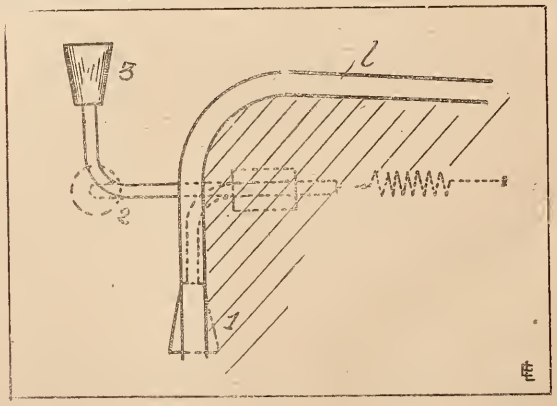


Fig. 4.

En 1, au repos, la lampe se trouve derrière le lit.

En 2, elle fonctionne en veilleuse.

En 3, elle est placée derrière la tête du lecteur. — Brev. Fr. 503.470).

P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

ÉLECTROMAGNÉTISME *(suite)*

Sommaire : *Hystérésimètres. — Application de l'induction, bobine de Ruhmkorff.*

§ 63. HYSTÉRÉSIMÈTRES.

Dans la construction électrotechnique on se sert, pour déterminer le coefficient d'hystérésis des matériaux employés dans la construction des machines, d'appareils appelés *hystérésimètres.*

L'échantillon a essayer E (fig. 85) est suspendu par un fil de torsion entre les deux pôles d'un aimant

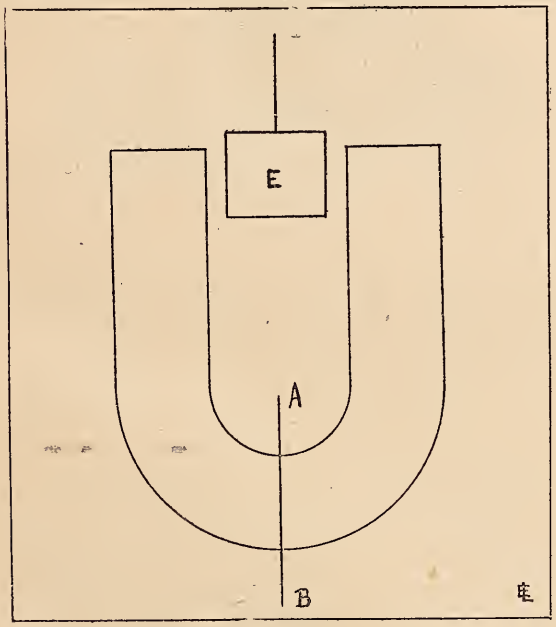


Fig. 85.

Le fil de torsion est relié à une aiguille se déplaçant devant un cadre gradué. L'aimant tourne autour d'un axe vertical AB et est entraîné par manivelle et engrenage.

La rotation de l'aimant détermine dans la masse de fer, constituée par l'échantillon soumis à l'essai, des phénomènes d'hystérésis par suite des variations d'aimantation produites. La réaction développée entre l'aimant et la masse de fer détermine la production du travail absorbé par l'hystérésis dans cette dernière, qui se traduit par la torsion du fil supportant l'échantillon. Il suffira alors de mesurer l'angle de torsion du fil. D'autre part si l'on connaît le couple C de torsion du fil, l'énergie dépensée en chaleur dans la masse à essayer, c'est-à-dire la perte par hystérésis dans le fer étudié, sera exprimée par $2 \pi C \alpha$.

Il suffira donc de mesurer l'angle α et de connaître le couple de torsion C pour évaluer cette perte.

L'appareil, fig. 86, permet de déterminer de la façon indiquée ci-dessus la perte par hystérésis dans un échantillon de fer.

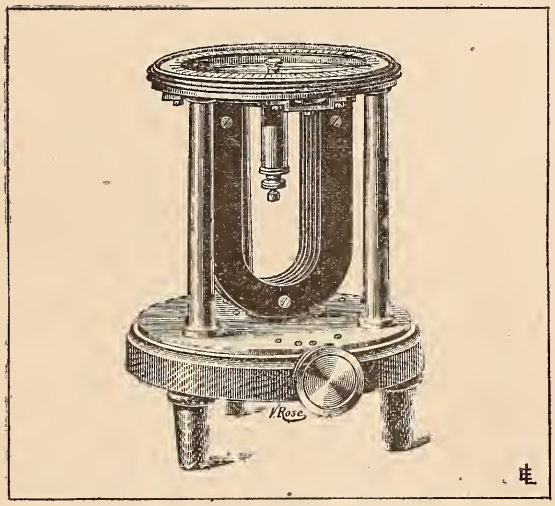


Fig. 86. — Hystérésimètre Blondel-Carpentier.

On peut déterminer à la fois les pertes par hystérésis et par courant de Foucault dans un échantillon de fer. La méthode repose sur le principe consistant à constituer avec le métal à essayer, le plus généralement des tôles, un circuit magnétique fermé entouré de bobines magnétisantes. On fait alors passer dans ces bobines un courant alternatif de fréquence donnée. La tension aux bornes des bobines doit être réglée de façon à obtenir une induction déterminée invariable dans l'échantillon d'essai. Les pertes par hystérésis et

courants de Foucault sont alors égales à la force magnétisante divisée par le poids du fer étudié.

§ 64. APPLICATION DE L'INDUCTION. BOBINE DE RUHMKORFF.

La bobine de Ruhmkorff repose sur le principe de l'induction mutuelle de deux solénoïdes. Le courant, et par suite, le champ dans la bobine induc-

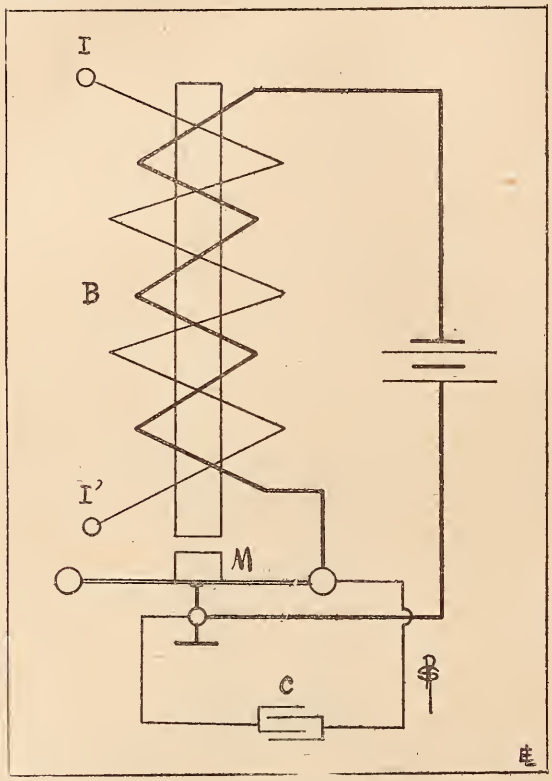


Fig. 87. — Schéma de la bobine de Ruhmkorff.

trice, varie un grand nombre de fois par seconde; il y a donc production d'un courant également variable dans la bobine induite.

Sur un noyau cylindrique droit constitué par un faisceau de fils de fer doux serrés, pour éviter la production des courants de Foucault, est enroulé, après interposition d'un tube isolant, un fil gros et court (fig. 87), qui constitue la bobine inductrice ou enroulement primaire de la bobine.

Sur ce premier enroulement est enfilé un manchon ayant un grand pouvoir isolant, en verre par exemple, sur lequel est disposé l'enroulement *secondaire* formant la bobine induite. Le fil secondaire est long et fin.

Dans certaines bobines de grandes dimensions, il peut atteindre 120 kilomètres de long avec un diamètre de 0,2 millimètres environ. Les extrémités de ce fil aboutissent aux deux bornes I,I' qui sont les deux pôles de la bobine. L'ensemble se présente sous l'aspect de la fig. 88, où *p p'* sont les fils alimentant le primaire et *i,i'* les fils allant aux pôles de la bobine secondaire.

L'enroulement primaire est alimenté par une batterie de piles ou d'accumulateurs.

La variation du champ dans la bobine est produite automatiquement par un interrupteur à trembleur M fonctionnant comme un trembleur de sonnerie électrique. Le grand nombre d'ouvertures et de fermetures produites dans le circuit primaire en un temps donné produit une variation rapide du champ dans la bobine. A chaque oscillation, un courant alternatif est induit dans le secon-

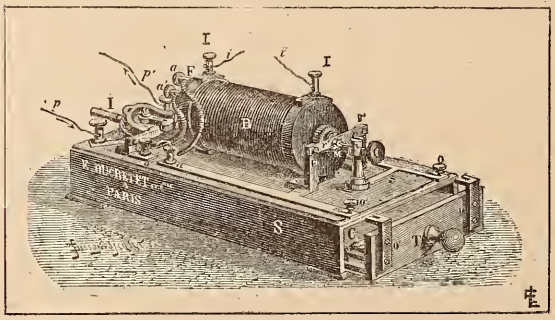


Fig. 88. — Bobine de Ruhmkorff de démonstration.

daire de la bobine. La tension de ce courant est d'autant plus élevée que :

1° Le nombre d'oscillations dans un temps donné est plus grand.

2° Le rapport du nombre de spires des deux bobines est plus grand.

La bobine de Ruhmkorff est un véritable transformateur statique. Il a donné naissance aux transformateurs industriels que nous verrons plus tard.

Au moment de la rupture du circuit primaire, il se produit, entre les contacts de l'interrupteur, une étincelle due au courant direct de self induction (voir § 54) qui a pour conséquence de prolonger la durée de l'interruption, la force électromotrice du courant induit direct est ainsi diminuée. D'autre part, l'étincelle altère rapidement les contacts de platine entre lesquels elle se produit.

Pour parer à ces inconvénients on réduit l'étincelle en fermant le point d'interruption sur un appareil appelé *condensateur*, que nous étudierons plus loin, essentiellement formé de feuilles d'étain séparées par des feuilles isolantes. A l'ouverture du circuit primaire, l'extra-courant d'ouverture charge le condensateur au lieu de produire une étincelle au contact; le condensateur se décharge

ensuite dans le circuit primaire de la bobine sous forme oscillante.

La première oscillation produit un courant de sens inverse au courant direct, ce qui produit la désaimantation plus rapide du noyau de la bobine. A la fermeture, une partie de l'énergie accumulée dans le condensateur renforce le courant inducteur. Le fonctionnement de la bobine est donc amélioré par la présence d'un condensateur.

Sur la fig. 88 le condensateur de la bobine est en *c* dans le socle de l'appareil.

§ 65. COURANTS PRODUITS PAR LA BOBINE DE RUHMKORFF.

Lorsque le circuit secondaire d'une bobine de Ruhmkorff est fermé par un conducteur extérieur reliant les bornes I et I', il se produit dans ce circuit, lorsque le courant primaire commence à

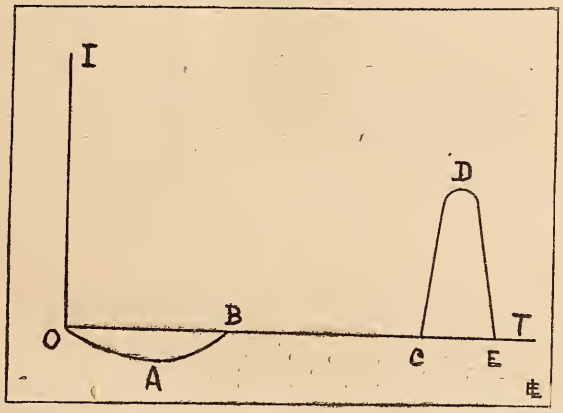


Fig. 89. — Forme des courants donnés par la bobine de Ruhmkorff.

s'établir, des courants induits alternativement inverses et directs; il en résulte que les bornes I et I' sont alternativement positives et négatives. Les deux courants inverses et directs, lors du passage du courant primaire sont égaux en quantité, mais l'intensité du courant direct est beaucoup plus élevée que celle du courant inverse.

Le circuit secondaire ouvert, les courants inverses et directs passent à travers l'air, si la distance est suffisamment courte, sous forme d'étincelles bruyantes, la bobine fournit alors un courant de sens constant mais discontinu. Lorsque la distance est telle que le passage du courant sous forme d'étincelles ne se produit plus, les potentiels aux bornes I et I' du secondaire sont alternativement de signes contraires; leur différence représente la force électromotrice d'induction aux bornes de la bobine.

La forme du courant engendré dans l'enroulement secondaire d'une bobine se présente sous la forme d'ondes de forme irrégulière. Deux ondes successives sont séparées par un long intervalle.

La durée du courant direct est notablement plus petite que celle du courant inverse et la somme de ces deux durées est de beaucoup supérieure à celle de la durée d'une vibration de l'interrupteur. Le commencement de l'onde de rupture est séparée de la fin de l'onde de fermeture par un long intervalle. Le courant a ainsi la forme représentée par la fig. 89.

OAB est l'onde du courant inverse et CDE l'onde du courant direct.

§ 66. APPLICATIONS DE LA BOBINE DE RUHMKORFF.

La bobine de Ruhmkorff a été considérée pendant longtemps comme un appareil d'expérience de laboratoire ou d'applications peu étendues.

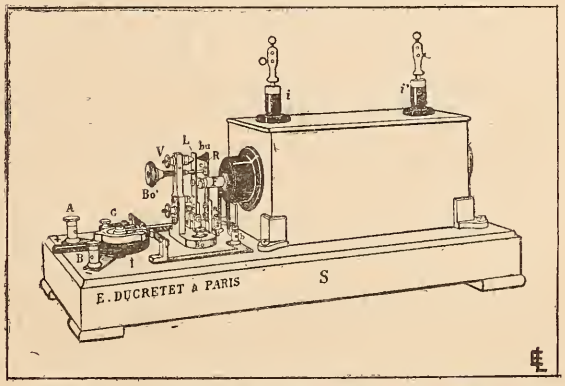


Fig. 90. — Bobine de Ruhmkorff pour production de rayons X.

La découverte des courants de haute fréquence que donne la bobine lorsque la fréquence d'interruption du courant qui l'alimente est très élevée. On est allé, d'abord, de 300 à 30.000 interruptions par seconde.

Le dispositif de d'Arsonval utilisant la décharge oscillante d'un condensateur, puis celui de Tesla ont permis d'atteindre une fréquence de 400.000 oscillations par seconde. Ces courants sont utilisés en médecine.

La découverte des rayons Rœtgen ou rayons X employés en radiographie, enfin, la télégraphie sans fil ont donné à la bobine de Ruhmkorff une importance considérable.

Dans ces applications, l'enroulement secondaire en fil fin est sectionné en galettes pour en augmenter l'isolation et faciliter le travail d'enroulement du fil. Le tout est plongé dans une masse pâteuse ayant un grand pouvoir isolant. Pour ce cas, la bobine de

Ruhmkorff est alors construite sous la forme de la figure 90.

Pour ces diverses applications, lorsque l'intensité dans le circuit primaire de la bobine est intense, les contacts de platine de l'interrupteur à trembleur ordinaire seraient rapidement détruits; on utilise les interrupteurs à mercure constitués par un petit moteur électrique actionnant le contact d'interrupteur. On utilise pour des puissances importantes les appareils dénommés interrupteur à turbine, où un jet de mercure fait fonction de contact.

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 139. — 1° Dans une installation lumière distribution triphasée avec neutre, l'installation faite avec les 3 phases, la section du fil neutre *dans l'installation* sur 2 phases doit-elle être la même?

2° En supposant une installation lumière entre 3 phases à peu près normalement équilibrée (l'équilibre n'étant jamais parfait), quelle doit être la section du fil neutre de branchement de la ligne de distribution au compteur.

3° Peut-on, dans une installation lumière comme ci-dessus, ne disposant pas de wattmètre, mesurer la puissance prise, connaissant la tension du réseau; avec un ampèremètre? en supposant l'équilibrage parfait, l'intensité totale doit être intensité d'une phase × 1,73, si l'équilibrage n'est pas parfait, comment faut-il faire?

N° 140. — Je désire savoir : 1° la composition d'un ciment pour sceller les tiges de fer dans la porcelaine; ayant essayé le plâtre et le silicate, les tiges s'arrachent assez facilement, ne connaîtriez-vous pas un autre procédé?

2° Ayant des tableaux de distribution en marbre, pourriez-vous m'indiquer un procédé pour enlever les taches d'huile et leur donner le brillant.

N° 141. — *a*) Quel est le moyen le plus pratique pour vérifier l'isolement d'une antenne extérieure; — *b*) Ainsi lorsque je mets en série avec mon antenne une pile, un téléphone et la terre, j'entends une série de crépitements chaque fois que je ferme le circuit sur la terre : Est-ce un défaut d'isolement ou un phénomène *d'ondes statiques ou électriques*. — *c*) Pourriez-vous me donner dans le cours de vos instructions divers montages en Oudin pour T. S. F. avec détecteur à cristaux. Ces montages seront bien vus par les amateurs.

J. C. T. S. F.

N° 142. — Quelles sont les maisons qui construisent les appareils ou s'occupent d'installation d'éclairage par tubes de Moore ?

N° 143. — Pourriez-vous me renseigner où il me serait possible de trouver des renseignements : 1° sur le fonctionnement et la théorie des moteurs asynchrones à courant triphasé à vitesses variables.

2° Sur le bobinage des moteurs asynchrones à courant triphasé.

RÉPONSES

N° 131 R. — Voir L'*Electricien* du 15-7-20, p. 312 (réponse 109) et l'*Electricien* du 1-9-20, p. 382. Se servir de la première lampe, qui marchera ou non en détecteur suivant que l'on gardera ou non *c* et R (*Electricien* du 15-7-20), et remplacer la résistance *a* par le récepteur téléphonique.

N° 137 R. — Un circuit *fermé* ne peut constituer un aimant. R. S.

N° 138 R. — Le meilleur moyen d'aimanter les aimants est de soumettre le barreau à aimanter à un champ magnétique intense constitué par une bobine convenable parcourue par un courant.

Pour la trempe, tremper dur et recuire à la couleur « gorge de pigeon ». R. S.

N° 139 R. — 1° et 2°. — Théoriquement, il ne passe pas de courant dans le fil neutre, sa section pourrait donc être très réduite. Pratiquement, on le met moitié de la section du fil de phase (minimum déterminé par la résistance mécanique s'il s'agit de ligne aérienne tendue).

3° — Oui, étant entendu qu'il n'y a que de la lumière, c'est-à-dire cos = 1. On peut mesurer les 3 phases avec le même appareil au moyen d'un commutateur.

L. F.

N° 140 R. — 1° Le meilleur scellement des isolateurs en porcelaine sur leurs tiges de fer est obtenu en faisant fondre du soufre que l'on coule dans la cavité.

2° Pour nettoyer les tableaux de marbre, laver avec une éponge imbibée d'essence ou de benzine. Dans le cas de taches à enlever, appliquer dans la surface à nettoyer une couche de la mixture suivante : 2 kg de carbonate de soude anhydre (lessive du commerce) dans 1 litre d'eau, avec du blanc d'Espagne en quantité suffisante pour former une bouillie épaisse. Pour repolir le marbre, frotter vigoureusement avec de la potée d'étain, puis avec un tampon de linge sec. E. F.

N° 141 R. — 1° Les crépitements signalés sont dus au mauvais isolement de votre antenne, sans aucun doute. Il y a lieu de vérifier principalement les attaches isolantes, les contacts accidentels, etc.; 2° Vous pouvez consulter utilement l'*Electricien* du 15 janvier 1920. Une note paraîtra prochainement dans l'*Electricien* donnant les variantes des montages Oudin et Testa avec différents détecteurs.

Maurer.

Le Gérant : L. De Soye.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, V°.
Téléph. 806-44

36e Année. — N° 1263. 1er Novembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION

MM.

Ancel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur Electricien;

Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;

Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;

Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;

Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;

L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;

Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

MM.

Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;

Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;

Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;

Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electromécanique;

Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;

Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;

Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

LA HOUILLE BLANCHE

Etude hydrographique
ET
Aménagement du bassin Toce-Devero

Dans la première partie de cette étude (1), *nous avons donné la description du bassin et des installations construites ou en projet, d'après le plan d'utilisation de l'ingénieur Ganassini. On trouvera ici une intéressante discussion hydrographique sur la valeur et l'utilisation de ce bassin alpin.*

IIe PARTIE

DISCUSSION HYDROGRAPHIQUE DE LA VALEUR DES DERIVATIONS EFFECTUÉES SUR LE DEVERO

Observations pluviométriques.

Un mémoire remarquable du directeur de l'Observatoire géophysique « Rosmini » à Domodossola Sac. Prof. F. Pinauda, résume avec clarté les conditions météorologiques de cette contrée et fournit une documentation précieuse comme base aux recherches hydrographiques.

Le pluviomètre de Domodossola fonctionne régulièrement depuis 1872; noux avons donc une longue période de 47 années sur lesquelle nous pouvons fonder nos recherches.

Nous donnons dans la table I les lectures pluviomètriques recueillies par le prof. Pinauda.

Les observations pluviométriques faites au cours de ces dernières années par le bureau hydrographique du Pô, dans les régions de Formazza dans la vallée du Toce (alt. 1270 mètres), Devero (alt. 1646), Codelago (alt. 1846), ont permis d'établir une comparaison entre les chutes de pluie à l'Observatoire de Domodossola et dans la haute vallée du Toce de façon à déterminer des coefficients expérimentaux pour l'interprétation directe des observations de Domodossola.

Nous donnons dans la table II les pluies enregistrées dans la période de 1913 à 1918 aux observatoires de Formazza, du Devero, de Codelago, et comparées à celles enregistrées à Domodossola;

(1) Voir l'*Electricien*, 15 octobre 1920

TABLE I

Données pluviométriques de l'Observatoire Météorologique de Domodossola (de 1909 à 1918)

ANNÉES	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Totaux
1909.....	0.9	142.0	135.5	45.9	111.3	214.5	85.5	211.6	126.7	207.9	43.9	83.9	1419.6
1910.....	41.4	65.0	180.1	294.6	153.2	107.7	40.7	132.2	91.9	321.6	81.9	401.6	1911.9
1911.....	8.2	29.1	198.0	72.7	129.1	138.4	60.8	41.3	79.6	258.3	289.2	49.7	1324.4
1912.....	115.4	154.0	119.7	92.2	92.0	150.7	74.9	150.0	11.3	141.8	31.1	87.6	1221.0
1913.....	8.2	1.0	216.9	277.3	185.3	70.3	39.7	138.4	147.4	394.8	82 5	9.1	1570.9
1914.....	14.7	166.7	99.6	23.1	319.7	172.4	230.2	144.6	37.8	432.2	49.1	175.5	1865.6
1915.....	95.2	166.4	21.8	85.1	151.3	111.0	193.4	74.0	257.5	78.5	26.5	117.4	1378.1
1916.....	0.3	191.0	467.1	87.8	223.7	155.4	181.2	85.2	137.3	126.5	204.1	275.9	2135.5
1917.....	65.6	8.5	108.5	125.5	388.4	96.6	308.2	125.7	36.6	221.0	2.4	91.6	1578.6
1918.....	56.0	1.6	183.8	478.2	180.0	301.4	70.3	45.0	250.5	322.0	88.5	52.6	2029.9

TABLE II

ANNÉES	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Totaux
Année 1913													
Domodossola .	8.2	1.0	216.9	277.3	185.3	70.3	39.7	138.4	147.4	394.8	82.5	9.1	1570.9
Formazza.....	23.7	1.4	155.3	264.1	152.9	55.3	52.5	77.6	195.8	326.1	101.9	21.5	1428.1
Année 1914													
Domodossola .	14.7	166.7	99.6	23.1	319.7	172.4	230.2	144.6	37.8	432.2	49.1	175.5	1855.6
Formazza.....	38.1	176.6	146.9	59.9	295.3	151.9	249.6	145.4	68.8	389.4	78.3	167.8	2018.0
Année 1915													
Domodossola .	95.2	166.4	21.8	85.1	151.3	111.–	193.4	4.–	257.5	78.5	26.5	117.4	1378.3
Formazza.....	150.9	168.4	71.4	103.7	113.8	100.9	164.8	35.–	175.3	62.6	19.9	146.–	1312.7
Année 1916													
Domodossola .	0.3	191.0	467.1	87.8	223.7	155.4	181.2	85.2	137.3	126.5	204.1	275.9	2135.5
Formazza.....	5.1	241.4	374.7	135.6	176.8	208.9	173.9	121.8	156.8	108.–	160.3	345.2	2208.5
Devero	40.2	182.7	372.3	176.2	220.1	194.3	200.8	116.–	214.1	131.1	135.6	324.3	2307.7
Codelago	36.–	185.2	381.5	200.3	206.8	192.9	223.1	119.9	213.–	127.8	139.2	348.5	2374.2
Année 1917													
Domodossola .	65.6	8.5	108.5	125.5	388.4	96.6	308.2	125.7	36.6	221.–	2.4	91.6	1578.6
Formazza.....	65.–	4.0	102.6	191.9	262.8	159.4	88.2	174.7	88.4	256.5	5.4	88.2	1487.1
Devero	63.7	6.5	137.2	199.7	262.4	170.3	73.8	162.8	71.2	225.3	15.5	129 –	1517.4
Codelago	66.7	7.0	144.1	248.5	315.–	148.3	89.1	182.–	86.2	244.5	16.2	145.8	1693.4
Année 1918													
Domodossola .	56.–	1.6	183.8	478.2	180.–	301.4	70.3	45.–	250.5	322.–	88.5	52.6	2029.9
Formazza.....	42.3	—	134.7	317.3	134.2	298.6	60.–	77.–	236.8	245.6	66.9	60.5	1673.9
Devero	21.6	—	164.0	283.–	95.5	362.–	111.–	80.5	187–	189.6	85.5	98.7	1678.3
Codelago	51.–		188.5	316.–	104.1	435.5	47.5	70.0	245.3	227.9	60.4	141.1	1887.5

les observations pour Devero et Codelago n'ont été commencées qu'en 1916.

La table montre immédiatement combien est fausse la règle empirique qui évalue les chutes d'eau en fonction linéaire des altitudes et des distances à la mer : on voit encore que le rapport entre les chute de pluie des deux localités n'est pas une constante dépendant des positions respectives topographiques mais une grandeur variable selon la nature du phénomène météorologique qui a donné naissance à la chute de pluie.

En faisant les rapports.

$$\frac{\text{Domodossola}}{\text{Formazza}} \quad \frac{1570{,}9+1855{,}6+1378{,}3+2135{,}5}{1428{,}1+2018{,}0+1312{,}2+2208{,}5+1578{,}6+2029{,}9} = \frac{10548{,}8}{10128{,}3} = 1{,}04$$

$$\frac{\text{Domodossola}}{\text{Devero}} \quad \frac{2135{,}5+1578{,}6+2029{,}9}{2307{,}7+1578{,}6+2029{,}9} = \frac{5744{,}0}{5503{,}4} = 1{,}042$$

$$\frac{\text{Domodossola}}{\text{Codelago}} \quad \frac{2135{,}5+1578{,}6+2029{,}9}{2374{,}2+1693{,}4+1887{,}5} = \frac{5744{,}0}{5955{,}1} = 0{,}963$$

On arrive au résultat inattendu que la chute moyenne à Formazza et à Dovero est inférieure à celle enregistrée à Domodossola et celle d Codelago n'est que de 4 % environ supérieure. En tenant compte du fait que presque tout le bassin considéré est plus élevé que la station de Codelago nous approcherons de la vérité en concluant que

les chutes de pluie effectives du bassin imbrifère qui alimente les deux dérivations peuvent être déduites de celles enregistrées à l'Observatoire de Domodossola, en les multipliant par le coefficient 1,05. On a ensuite calculé les rapports moyens mensuels entre les chutes de Domodossola et celles du Dovero et de Codelago, pendant les années 1916, 17, 18. Les résultats furent exprimés dans une table que nous ne donnerons pas ici. Sur cette table, il est facile de voir qu'aucune loi régulière de variation relative à la saison n'est possible : les mois pendant lesquels la montagne fournit le plus d'eau par rapport à la plaine sont les mois de janvier, juin, août, septembre, décembre, qui sont aussi les mois où il pleut le moins en moyenne, tandis que les pluies d'équinoxe accusent une distribution sensiblement uniforme; en fait, dans les mois de mars, avril et octobre, le rapport s'écarte peu de l'unité.

On peut en conclure que dans les grandes altitudes, la distribution de la pluie est beaucoup plus uniforme qu'en plaine et que par suite dans les années de plus grande sécheresse, l'apport des hauts bassins est proportionnellement plus élevé que dans les années abondantes.

Régime de l'alimentation en eau rapportée aux conditions thermiques du bassin imbrifère.

On relève dans le rapport du professeur Pinauda que pendant la période 1872-1911, les températures minima absolues journalières à Domodossola peuvent demeurer au-dessous de zéro du 15 octobre au 25 avril, tandis que les températures minima moyennes journalières peuvent se maintenir au-dessous de zéro du 11 novembre au 17 mars. Sur le diagramme tracé pour donner à n'importe quel moment de l'année la température moyenne diurne on relève que cette température moyenne diurne est de 7° au 1er novembre, qu'elle continue à descendre jusqu'à un minimum de 0°9 le 11 janvier et qu'elle remonte à 7° vers le 15 mars.

Si nous tenons compte du fait que l'altitude du bassin qui alimente les deux dérivations dépasse 1.600 mètres avec des cimes dépassant 3.000 mètres, nous pouvons admettre que normalement pendant toute la période, du 1er novembre au 31 mars, il ne tombe que de la neige : de telle sorte que l'apport du cours d'eau est limité pendant cette période, uniquement à la réserve du bassin, sans que les pluies aient une influence directe. En d'autres termes le cours d'eau ne reçoit d'apport que pendant la période du 1er avril au 1er novembre.

Pour déterminer avec une approximation suffisante l'importance de l'eau apportée sous forme de neige du 1er novembre au 31 mars, nous aurons recours à l'intégration d'un diagramme d'apport relatif à un apport initial de 40 litres par kilomètre carré et en supposant que l'apport minimum ne descende jamais au-dessous de 6 litres par kilomètre carré ; la forme de ce diagramme est celle d'une courbe concave indiquée figure 4.

Le professeur Zunini comparant l'épuisement hydraulique d'un bassin à des décharges résiduelles d'une capacité électrique a trouvé pour cette courbe l'expression analytique.

$$q = \alpha + \beta e - \varphi t$$

où q est l'apport, α l'apport minimum absolu, β la différence entre l'apport à l'origine et l'apport minimum, t le temps exprimé en jours, e la base des logarithmes népériens, φ, le coefficient expérimental d'épuisement du terrain. Pour t suffisamment grand, l'aire de la courbe est donnée avec une grande approximation par :

$$86{,}4\ (\alpha t + \frac{\beta}{\varphi}).$$

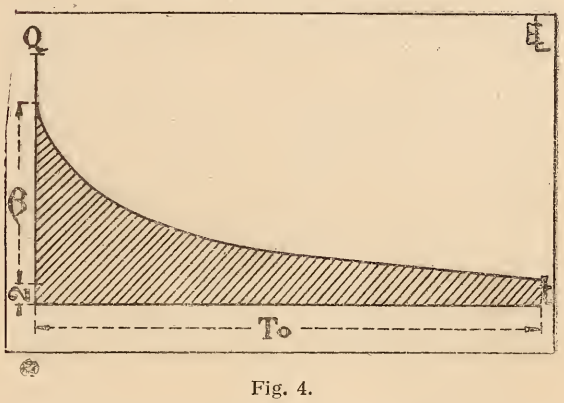


Fig. 4.

Dans l'Apennin, le coefficient φ a comme valeur moyenne 0,06 ; dans les Alpes il est environ 0,05

Si donc nous supposons $\alpha = 6$ litres par kilomètre carré, $\beta = 34$ litres par kilomètre carré, $t = 151$ jours (5 mois), il en résulte que pour chaque kilomètre carré l'eau due aux cinq mois d'hiver est :

$$86{,}4\ (151 \times 6 + \frac{34}{0{,}05}) = 128.390 \text{ mètres cubes.}$$

Nous avons jusqu'ici seulement supposé : 1° qu'au premier novembre normalement l'apport du bassin ne dépasse pas 40 litres par kilomètre carré. 2° Qu'à cette époque commence la diminution naturelle en fonction de la réserve d'eau, sans que les pluies aient quelque influence, diminution qui se continue jusqu'au 31 mars.

Nous faisons maintenant de nouvelles hypothèses basées sur des observations pluviométriques :

1° Du 1er novembre au 31 mars, il n'y a que des chutes de neige; sur ces chutes 130 mm. servent aux apports de l'hiver pendant ces cinq mois.

2° Les quatre cinquièmes de la quantité restante servent aux apports d'avril, mai, juin, juillet selon une loi de proportionnalité aux températures moyennes qui sont respectivement 11°3, 15°03, 19°22, 21°66.

3° L'autre cinquième est utilisé pendant les

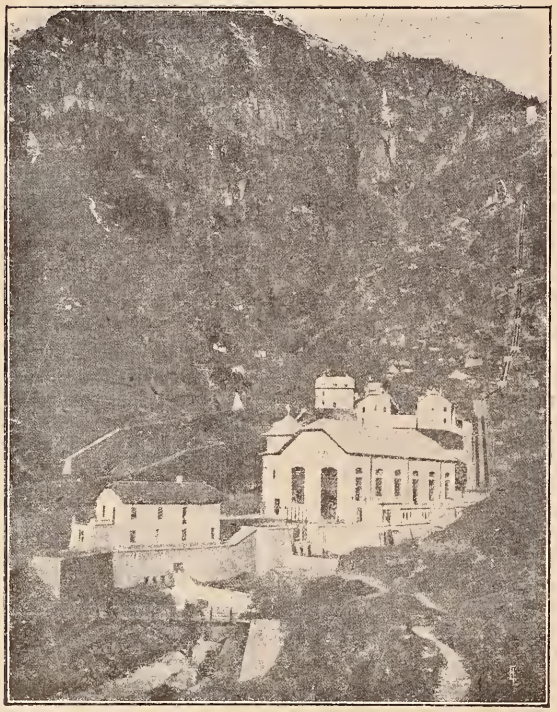


Fig. 5. — Centrale de Goglio, utilisant une chute de 525 mètres, par conduites forcées descendant de la hauteur à droite.

mois d'août, septembre et octobre (cinq neuvièmes en août, trois neuvièmes en septembre, un neuvième en octobre).

4° Les 130 mm. sont supposés répartis sur les cinq mois d'hiver en fonction des aires sucessives des diagrammes des apports; pour simplifier, on suppose que la variation soit linéaire, de telle sorte que la répartition est la suivante : 35 mm 6 en novembre; 30 mm. 8 en décembre; 26 mm. en janvier; 21 mm. 2 en février; 16 mm. 4 en mars.

Avec ces données une table a été établie donnant les apports effectifs en millimètres d'eau du bassin imbrifère du Devero, déduits des observations du pluviomètre de Domodossola, (1909 à 1918). Nous ne donnons pas cette table, mais ses résultats sont indiqués par le diagramme de la figure 7.

Diagramme général des dérivations pendant la période des observations pluviométriques.

Rappelons que l'étendue du bassin imbrifère qui alimente la dérivation de Goglio est en chiffres ronds de 55 kilomètres carrés, en y comprenant le Sangiatto utilisé avec une dérivation indirecte. Dans ce bassin, 25 kilomètres carrés, alimentent le réservoir de Codelago. La capacité complète régulatrice est de 13 millions de mètres cubes (environ 236.000 mètres cubes par kilomètre carré de bassin) : cette capacité est évidemment insuffisante pour garantir la régulation d'un apport uniforme équivalent au modèle du bassin, de telle sorte que pour élever le coefficient d'utilisation, il est nécessaire de prévoir un régime variable de dérivation, en donnant au canal une capacité d'apport supérieure à la moyenne réglable. La capacité d'apport du canal a été prévue de 3.300 litres (60 litres par kilomètre carré).

D'après ce que nous avons vu précédemment l'eau obtenue pendant les cinq mois d'hiver étant de 130 mm., pour avoir l'apport total de ces cinq mois, en tenant compte de l'aide du réservoir, il nous faudra ajouter la capacité du réservoir traduite en millimètres de pluie par kilomètre carré de bassin, soit :

$$\frac{13.000.000}{55 \times 1.000} = 236 \text{ mm. } 3$$

Il faut donc compter sur 236 + 130 = 366,3 mm, de pluie du 1er novembre au 31 mars, donc sur 20.150.000 mètre carrés correspondant à un apport de 1.550 litres à la seconde et à un apport unitaire de 28 litres par kilomètre carré de bassin. L'importance de la dérivation hivernale est si prépondérante que nous pouvons nettement admettre que le remplissage du réservoir est plus important que la dérivation de l'été, et que par suite pendant la période du printemps le bassin imbrifère du réservoir ne devra pas fournir d'eau à la dérivation avant que le réservoir lui-même ne soit complètement plein. Une nouvelle table établie à l'aide de la table précédente donne le régime des dérivations d'avril à octobre (on a supposé constant le régime des mois d'hiver).

Une dernière table donne le résumé des éléments hydrographiques année par année; les conclusions des études entreprises et portées sur cette table sont les suivantes :

1° La hauteur moyenne de pluie de l'Observatoire de Domodossola dans la période de 46 années, de 1872 à 1918 est égale à :

$$\frac{67.146,4}{46} = 1.459^{\text{mm}},7$$

2° L'alimentation moyenne annuelle du bassin entier imbrifère des dérivations de Goglio et San Martino, sur une étendue de 55 kilomètre carrés est :

$$\frac{3.148.607.000}{46} = 68.440.000 \text{ mètres cubes.}$$

correspondant à la chute d'eau moyenne de Domodossola multipliée par le coefficient de 0,84.

3° L'apport moyen annuel intégral qui eut été utilisable par les dérivations est de :

$$\frac{2.766.012.000}{46} = 60.130.700 \text{ mètres cubes.}$$

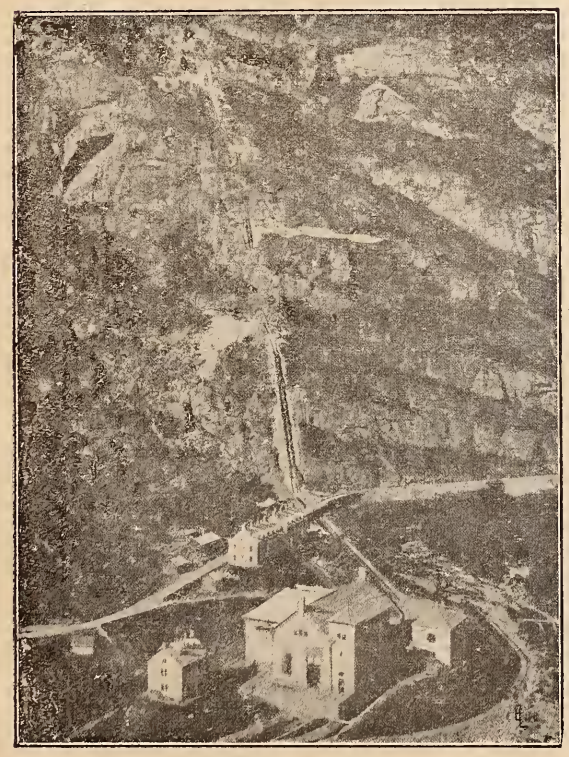


Fig. 6. — Centrale de Rivasco, utilisant une chute de 345 mètres. — Conduite forcée mi-souterraine.

4° Le coefficient d'utilisation moyen par rapport à la pluie moyenne de Domodossola est de :

$$\frac{69.130.700}{1.459,7 \times 55} = 0,75$$

5° Le coefficient d'utilisation par rapport à la quantité d'eau recueillie par le Devero est de :

$$\frac{60.130.700}{68.448.000} = 0,88$$

6° L'apport moyen exprimé en litres à la seconde qui eut été utilisable par la dérivation est de :

$$\frac{60.130.700}{51.536.000} = 1.906 \text{ litres à la seconde.}$$

7° L'apport unitaire correspondant à cette utilisation est de 34,7 litres à la seconde par kilomètre carré tandis que le module moyen des 46 années d'observation eut été en litres de 43,5 par kilomètre carré.

Il faut faire observer que ces résultats se rapportent à une utilisation hydrauliquement complète et à l'hypothèse que la distribution des pluies mensuelles d'été est uniforme. Ils représentent donc un maximum qui sera difficilement atteint par la dérivation industrielle.

Pour donner une idée de la valeur de ces calculs hydrographiques, nous reproduisons ci-dessous le tableau des mètres cubes déchargés par la centrale de Goglio dans la période de 1911 à 1918 (mètres cubes déduits des kw-heures enregistrés, en tenant compte qu'à chaque kw-heure, étant donnée la

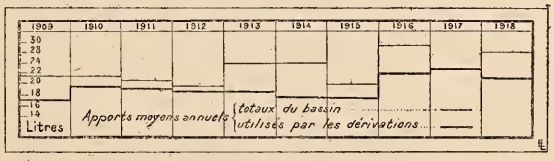


Fig. 7. — Diagramme d'utilisation.

chute de 525, correspond exactement un mètre cube d'eau).

Années.	*Enregistrés.*	*Calculés.*
1911	35.000.000	64.400.000
1912	44.500.000	63.410.000
1913	51.000.000	63.880.000
1914	44.700.000	60.105.000
1915	45.100.000	60.020.000
1916	58.100.000	74.500.000
1917	63.400.000	76.000.000
1918	59.800.000	69.640.000

On voit clairement que l'utilisation de l'énergie de l'installation n'a fait que croître pour atteindre en 1918 les 86 % de celle que nous avons calculée comme hydrographiquement disponible. Sans aucun doute, quand le plan régulateur hydrographique de la vallée sera totalement effectué et quand on sera assuré d'une clientèle fidèle le rendement hydraulique pourra devenir plus élevé : nous ne croyons pas cependant qu'il puisse dépasser le 90 %, de sorte que l'apport moyen effectivement utilisé au point de vue industriel, atteindra environ 1.700 litres à la seconde (diagramme fig. 7.)

G. Malgorn.

*

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ARC VOLTAÏQUE

La Soudure électrique à l'arc.

(*Suite* [1]).

3°) C'est le Suédois *Kjellberg* qui fut enfin l'inventeur de l'*électrode moderne*, de l'*électrode enrobée* (1907) (coated metal electrode). Cette électrode est constituée par un fil métallique approprié, entouré *d'une gaine* en matières moins conductrices, susceptible de *diriger l'arc* et de former sur la soudure un laitier protecteur (désoxydant et scorifiant).

Kjellberg appliqua donc à l'électrode métallique nue, afin de l'enrober, une idée analogue à celle de l'américain Bremer, incorporant aux charbons de l'éclairage par arc des substances pouvant en augmenter énormément l'éclat.

Cette électrode enrobée fut un progrès important sur la barre de métal nue et contribua beaucoup au développement des applications de la soudure à l'arc, dont les principales sont actuellement, les réparations de chaudières marines ou autres, des étambots métalliques, des pièces de navire en général, rechargement d'arbres d'hélices, d'arbres coudées, de fusées d'essieux qui sont parachevés après soudure avec la plus grande facilité, le métal de soudure se laissant ensuite usiner facilement et parfaitement travailler à l'outil.

Pour ces travaux, l'électrode enrobée possède une âme métallique en acier doux ou en acier spécial de composition donnée, revêtue de sa gaine en matière incombustible et non conductrice. Cette gaine fond au fur et à mesure que l'acier disparaît et l'accompagne dans le transport à travers l'arc en le protégeant contre l'action oxydante de l'air; elle réduit aussi les pertes de chaleur par rayonnement de la tige électrode métallique, *de même composition que le métal à souder*. Dans les électrodes de Kjellberg, le revêtement ou le flux dit *gazeux* sert uniquement de guide au métal fondu d'apport, sans rien modifier des propriétés de la soudure, que souvent elle bonifie, au contraire, par l'introduction de substances appropriées dans la gaine de l'électrode métallique. Certaines électrodes sont étudiées spécialement pour ne donner qu'une quantité infime de laitiers.

C'est ainsi qu'au cours des essais effectués par l'amirauté anglaise, celle-ci défendit l'enlèvement du laitier avant le dépôt d'une couche nouvelle de métal afin d'éliminer des résultats le facteur personnel du soudeur.

Le *flux*, contenant des éléments qui agissent chimiquement sur le métal pour éliminer ses impuretés, est en général à base d'amiante et contient des sels qui, en se combinant avec celle-ci, forment des silicates fusibles et d'une fluidité convenable évitant tout oxydation du métal d'apport fondu. Parfois, on enroule autour de l'électrode un fil d'aluminium avant l'application du revêtement.

On a également constitué, sur le principe de Kjellberg, des électrodes tubulaires ou en forme de gouttières, dans lesquelles on introduit le flux sous forme de poudre.

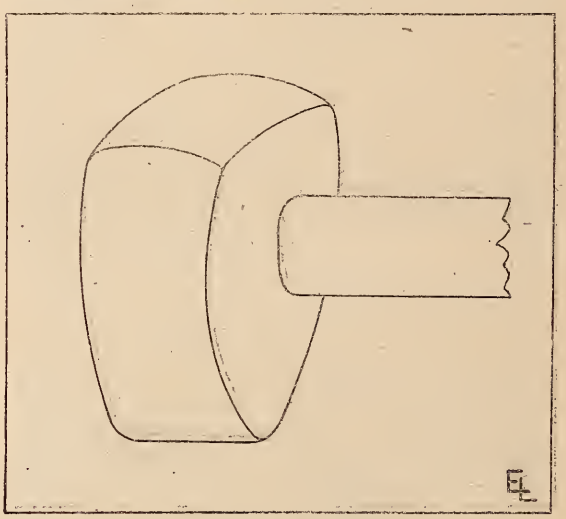


Fig. 2.

4°) **Procédé Stromenger.** — Ce procédé n'est qu'une variante du procédé Kjellberg, car on utilise de même l'électrode en métal entouré d'un revêtement spécial amianté. Celui-ci fond en même temps que le métal de l'électrode, mais étant plus léger, il surnage à la surface du métal de soudure et s'enlève ensuite aisément à l'aide d'une brosse métallique ou d'un petit marteau *ad hoc*, servant aussi à marteler le métal rapporté (fig. 2).

Pour mémoire, signalons encore les procédés de *Hugo Brenner* et de *Lagrange et Hoho*, car ils sont encore employés, principalement le dernier pour la *soudure des rivets*, sorte de soudure hydro-électrique.

5°) **Procédé Hugo Brenner.** — Avant Kjellberg

(1) Voir l'*Electricien* du 1er octobre 1920.

afin d'augmenter la surface d'échauffement des pièces métalliques à réunir, on a essayé d'utiliser des *oxydes*, ajoutés à l'une des électrodes amenant le courant ; en général, ce fut de l'oxyde de fer ou de cuivre ; mais la présence de ces substances dans l'arc le rend instable et le métal s'égoutte partiellement, d'où un sérieux inconvénient pour obtenir une soudure autogène.

Avant la guerre, l'usine Hugo Brenner de Nauheim, obtenait des résultats satisfaisants en ajoutant aux électrodes de charbon, dans une proportion d'environ 2 % des fluorures de calcium ou des oxydes de métaux alcalino-terreux.

Ces électrodes assuraient une fixité absolue de l'arc, dont la longueur se trouvait accrue en rendant alors plus aisé le chauffage des plaques métalliques de large surface.

A cette usine, suivant le résultat demandé, on faisait usage d'une seule électrode ainsi composée ou de deux, et varier le degré de chaleur nécessaire en rapprochant plus ou moins le métal à traiter de l'une ou l'autre des électrodes. Mais maintenant, on n'emploie plus partout que les électrodes enrobées de Kjellberg.

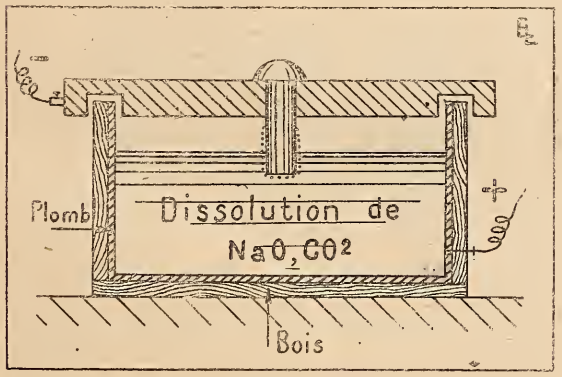


Fig. 3.

6°) **Procédé Lagrange et Hoho** (*Soudure des rivets*) (1895). — En Belgique, Lagrange et Hoho ont utilisé industriellement le phénomène électrolytique relaté par G. Planté et dont voici le principe. Lorsqu'on plonge dans un électrolyte comme électrode négative un fil métallique de faible surface, en prenant pour électrode positive une lame conductrice de large surface, on observe qu'il se forme autour de la fine électrode négative une sorte de gaine lumineuse et à température très élevée d'hydrogène. La plus grande partie de l'énergie électrique fournie par la source se dépense donc dans cette gaine où elle se retrouve sous forme de *chaleur* et de lumière.

La quantité de chaleur est remarquable et l'on peut produire, par ce moyen, dans un temps donné, sur un corps quelconque une élévation énorme de température.

En conséquence, grâce aux propriétés du *phénomène de la gaine*, on pourra produire, en des endroits donnés et limités d'un objet, un dégagement rapide de calories très intense.

L'appareil de Lagrange et Hoho consiste en un bassin de bois doublé intérieurement de plomb (fig. 3).

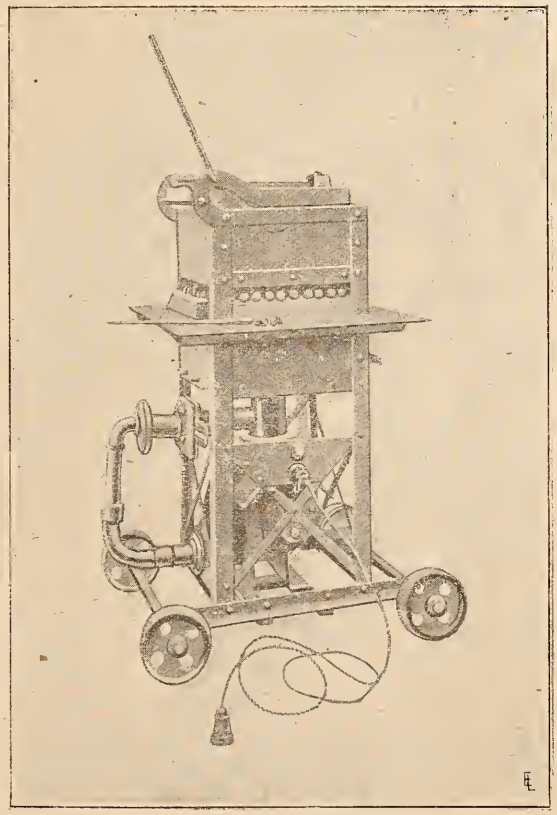


Fig. 4. — Four à chauffer électriquement les rivets. (Société d'électricité et électro-outillage.)

Ce revêtement est relié au pôle positif de la génératrice et le bac est rempli d'une dissolution de carbonate alcalin ou d'acide sulfurique étendu.

L'objet à chauffer, relié au pôle négatif, se trouve plongé dans cette solution. Avec la tension ordinaire de 110 volts, l'hydrogène dégagé forme la gaine gazeuse incandescente enveloppant et portant au rouge blanc l'objet traité, tout en le préservant de toute oxydation.

Ce procédé a donné d'excellents résultats pour le *chauffage des rivets* ; mais la chaleur ne pénètre pas encore assez profondément et le noyau central

du métal n'atteint pas le *blanc soudant* nécessaire à l'obtention de la soudure autogène. On a dd apporter un *perfectionnement*. Pour cela, on chauffe d'abord les parties métalliques à rejoindre dans un four à gaz ou dans un four à commande électrique (fig. 4) jusqu'à la température du soudage, puis on les introduit dans le bain électrolytique, où on les soumet à l'action d'une puissante presse pendant que ces pièces sont en relation avec le pôle négatif de la dynamo pour recevoir le courant pendant un temps fort court.

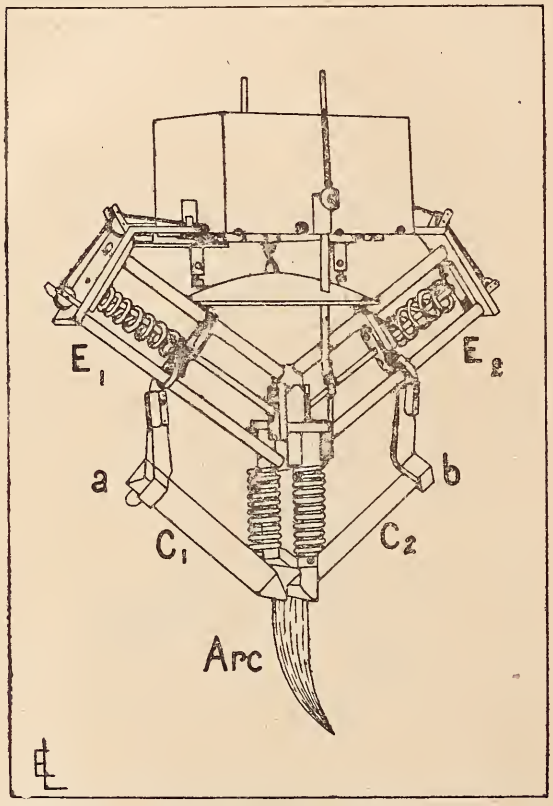


Fig. 5. — Légende : E_1 E_2, électro-aimants ; a, b, supports des charbons C_1 et C_2.

C'est seulement au moment où la température du blanc soudant est atteint que la presse fonctionne en produisant la jonction parfaite entre les deux objets (soudure hydro-électrique). Bien que le procédé, ainsi perfectionné, soit économique, le courant ne passant que juste le temps nécessaire pour opérer la soudure et non l'échauffement totale des pièces, il tend à être remplacé par les machines à souder les pièces en bout ou par points.

7°) **Chalumeaux à arc dévié de Zerener et de Coffin.** — Avec des pièces difficiles à traiter, présentant une certaine complication, l'arc souvent ne peut pas pénétrer dans tous les recoins et encoignures de ces pièces à souder. On s'est alors servi, dans le but de diriger la flamme de l'arc, des chalumeaux de Zerener ou de Coffin. Ces appareils mettent à profit le phénomène de la déviation de l'arc sous l'influence d'un champ magnétique variable, produit par un simple électro-aimant.

Celui de *Zerener* est un chalumeau électrique, formé par un régulateur à arc, dont le jet gazeux, entre les deux charbons, est projeté vers l'extérieur par un électro-aimant de façon à constituer un *dard de chalumeau* (fig. 5). On pouvait, avec cet appareil, souder des tôles de 3 à 13 millimètres d'épaisseur, exigeant des courants de 150 à 300 ampères. Les électrodes étant encore en charbon, on retombe dans le procédé Bénardos, et le facile

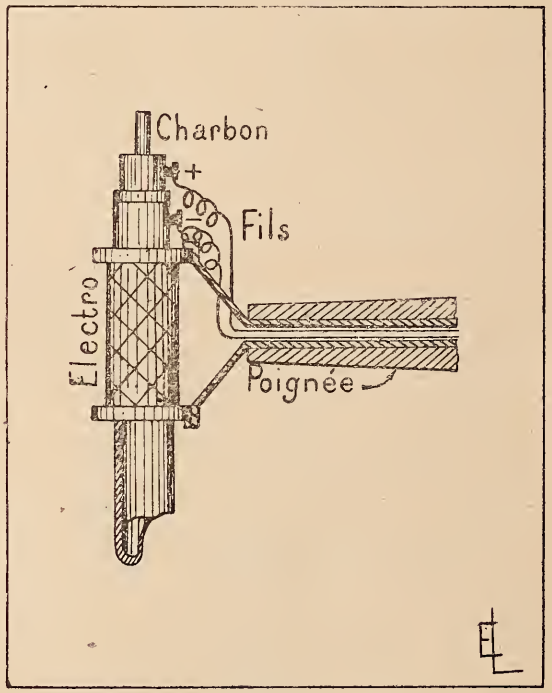


Fig. 6.

déplacement de l'arc n'en supprime pas les inconvénients pour la soudure. On préfère actuellement employer les électrodes à gaine de Kjellberg, bien plus économiques et produisant une meilleure soudure pouvant s'usiner aisément.

Dans le chalumeau électromagnétique à arc tournant de *Coffin*, les deux charbons étaient disposés concentriquement et séparés l'un de l'autre par une matière isolante (fig. 6). L'électro-aimant alimenté par une dérivation du courant principal entoure les charbons. Dès que l'on fait passer le courant, l'arc jaillit entre eux avec une vitesse croissante à mesure que l'intensité du courant augmente, de façon à couvrir la soudure sur une

plus grande surface. Avec le chalumeau de Coffin, on a pu procéder à la réparation de chaudières corrodées à la suite d'un long service ; on a obtenu d'excellents résultats avec des chaudières usagées, employées dans la fabrication de la soude.

Il fallait préalablement bien nettoyer les bords des perforations des tôles et les boucher par des rivets, en enlevant tout excès de métal, et enduire le tout d'une bouillie épaisse de borax. L'arc produisant la soudure était alimenté par un courant de 400 ampères sous 125 volts de tension ; le pôle positif de la génératrice étant relié au chalumeau électrique et le pôle négatif à la masse de la chaudière. — On martèle finalement. — Bien que ce chalumeau donne un arc voltaïque plus puissant, pouvant atteindre de 80 à 90 millimètres de longueur, grâce aux vapeurs dégagées par le borax, que celui du chalumeau électrique de Zerener, comme il emploie encore des électrodes en charbon, il a dû céder la place à l'*électrode moderne enrobée de Kjellberg* (enroulement de fils d'amiante et enduits divers de différentes épaisseurs).

Détermination des électrodes. — On doit choisir des électrodes différentes suivant les genres de travaux à exécuter.

En général, la *grosseur* des électrodes enrobées jouant le rôle de métal d'apport doit être proportionnée aux épaisseurs à souder. Les électrodes couramment employées ont une section de 2 à 6 millimètres. Sur travaux de *chaudronnerie en tôle d'acier*, on emploie des électrodes d'acier doux de 2 m/m 5 pour de minces épaisseurs de 1 à 2 millimètres ; de 3 millimètres pour des épaisseurs de tôle, de 3 à 4 millimètres ; de 4 millimètres pour épaisseurs de 4 à 6 millimètres et enfin de 5 à 6 millimètres pour des épaisseurs supérieures. Les débits correspondants, proportionnels à la section de la baguette, sont respectivement : 50, 80, 115 et 150 ampères. Il vaut mieux opérer en deux passes pour les épaisseurs dépassant 7 à 8 millimètres. Dans ce cas, on prend des électrodes de 3 à 4 millimètres seulement pour la soudure dans le bas du *chanfrein* de la tôle et de 5 à 6 millimètres pour la seconde passe. Dans les travaux de réparation de chaudières, la grosseur des électrodes dépend de la nature du travail à exécuter. Sur les grosses pièces et pour les parois épaisses, il faut toujours employer des électrodes de fortes sections, quand il n'y a pas d'angles à combler, lorsque le laitier ne risque pas d'être enfermé dans le joint (cas pour les rechargements de soufflures, corrosions, etc.).

Préparation des pièces à souder (*chanfreinage*). — Généralement, on doit procéder à la *préparation des amorces* dans les pièces à souder, consistant en *un chanfrein nécessaire* pour les parois atteignant et dépassant 4 millimètres d'épaisseur.

C'est l'opération du *chanfreinage*, ou du biseautage des bords des pièces à assembler ; il consiste dans l'abattage de l'un des deux angles droits d'une tôle ou d'une pièce quelconque. Pour obtenir une soudure autogène, on chanfreine les deux parties à réunir dans toute leur épaisseur et longueur, de façon à obtenir par leur rapprochement un V plus ou moins ouvert, selon la section des bords à souder (fig. 7). Il est nécessaire de chanfreiner les bords à réunir pour que la fusion des amorces soit obtenue sur toute la section du métal ; cela permet une exécution plus rapide de la soudure ; le bain de fusion se trouve mieux brasé par le dard électrique et l'on évite ainsi le collage qui se produit souvent dans les soudures réalisées, bord à bord, sans chanfreinage.

Cette préparation exige toujours l'emploi de métal d'apport très pur ou de meilleure qualité que celui des pièces à souder et permettant l'introduction d'éléments désoxydants ou améliorant les qualités mécaniques des soudures.

On peut cependant souder à l'arc, sans chanfrein préalable, des épaisseurs de tôle de 5 à 6 millimètres, en ayant soin de placer une feuille d'amiante sous la ligne de soudure et en opérant de façon qu'il y ait pénétration complète.

Il semble possible également que l'on puisse souder à l'arc sur les deux faces ou sur bords chevauchés, sans trop d'inconvénient. Toutefois, le chanfreinage est toujours préférable et plus sûr pour obtenir une bonne soudure autogène.

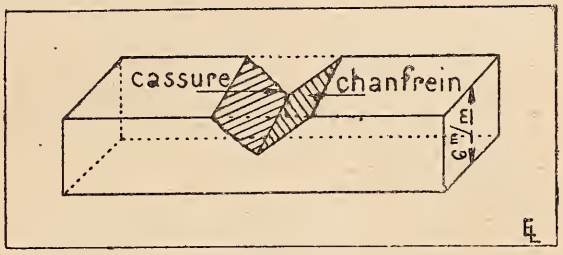


Fig. 7.

Les conditions de préparation des pièces dépendant en partie de la nature des électrodes employées, qui fournit un laitier plus ou moins lourd et abondant.

Enfin les phénomènes de dilatation et de retrait des pièces ont bien moins d'importance que dans la soudure au chalumeau oxyacétylénique, l'opération directe à l'arc étant beaucoup plus rapide et mieux localisée.

Dans l'opération du chanfreinage, le métal en excès peut être enlevé, soit au burin, de préférence pneumatique, soit par *découpage électrique*, comme nous l'expliquerons plus loin, soit par découpage à l'aide du chalumeau oxyacétylénique. Une passe de burin rafraîchira ensuite les bords du chanfrein.

Ch, Andry-Bourgeois,
Ingénieur des Mines et E. S. E.

Une nouvelle méthode de production de courant continu

A HAUTE TENSION

++++++++++

On utilise souvent de faibles courants électriques à haute tension en courant continu pour des besoins scientifiques ou pratiques.

En général, quelques milliampères sont nécessaires.

On a utilisé tout d'abord des accumulateurs en série, ainsi que des machines à haute tension ou bien des appareils électrostatiques avec condensateurs. Le condensateur est un appareil simple et bon marché, mais son voltage baisse rapidement; pour le maintenir on peut essayer de le charger continuellement. A côté de ces systèmes, on peut noter d'abord les contacts tournants qui connectent par intermittence le condensateur aux pôles d'une source de courant alternatif, puis les montages avec soupapes électrolytiques et enfin ceux utilisant les tubes à vide. Le système Delon emploie les contacts tournants. Greinacher a utilisé les valves électrolytiques pour obtenir du courant continu à 10.000 volts, mais ces deux systèmes ont l'inconvénient d'exiger une source de courant alternatif de voltage déjà élevé, puisqu'un simple condensateur ne peut être chargé au maximum qu'à $\sqrt{2}$ fois le voltage effectif de la source.

Avec les méthodes Delon et Greinacher (ce dernier employait deux condensateurs et 2 soupapes électrolytiques), le voltage maximum que l'on peut atteindre est de 2,8 fois celui de la source de courant alternatif, ainsi pour produire du courant continu à 100.000 volts, il faut au moins 40.000 volts, alternatif, ce qui exige des appareils encombrants. Dans le nouveau système qui a fait l'objet d'un brevet allemand qui est, d'après *The Electrician* la propriété de la Maison Siemens-Schuckert, on utilise des condensateurs avec un voltage alternatif bien plus réduit.

Supposons (fig. 1) une source de courant alternatif représentée par l'enroulement W, plaçons en série un condensateur C et un tube à vide V, chauffé par une source auxiliaire. Ainsi, quand le courant passe dans un sens, le condensateur se charge à la valeur maximum du voltage qui est $\sqrt{2}$. E. eff. Dans cette moitié de la période, le voltage de la source est opposé à celui du condensateur, dans l'autre moitié de la période, ces deux voltages sont en série et donnent 2 $\sqrt{2}$. E.

Le système consiste alors à ajouter un deuxième condensateur et un deuxième tube à vide de telle façon que ce condensateur puisse se charger à 2 $\sqrt{2}$. E. V., grâce au deuxième tube. Un troisième condensateur se charge à 3 $\sqrt{2}$. t. v. et ainsi de suite pour augmenter le voltage.

Ainsi, 5 condensateurs et 15 000 volts, alternatifs, le cinquième condensateur sera chargé à 106.000 volts. Si nous supposons la source W déconnectée, alors les condensateurs tendent à se décharger à travers les valves, mais le voltage de décharge est faible. Si on soutire le courant du dernier condensateur, celui-ci est immédiatement rechargé par la source, mais la capacité de ceux-ci varie : celui qui a le plus grand voltage possède la plus petite capacité, et celui connecté à la source W doit avoir la plus grande capacité.

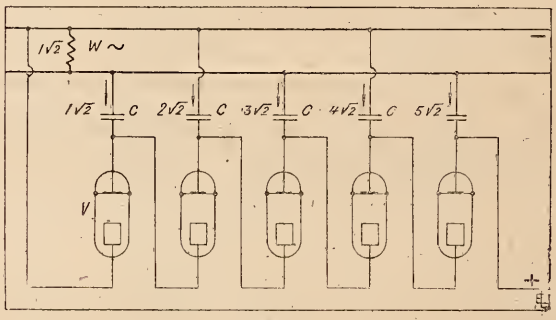


Fig. 1.

Tout système de tube à cathode incandescente peut être utilisé pourvu qu'il soit capable de maintenir le voltage. Si nous supposons que nous utilisons des contacts rotatifs, on obtient un système semblable au système Delon, mais plus simple et ne nécessitant pas de courant alternatif à tension trop élevée. Un avantage du système est dans le bas prix de ses appareils. Des bouteilles de Leyde sont suffisantes, de même que les transformateurs ordinaires; seuls les accumulateurs de chauffage des filaments des lampes sont des accessoires supplémentaires. Par le réglage du voltage alternatif, on peut obtenir le courant continu désiré, ou bien, si le voltage est pris de différents condensateurs, on peut obtenir des courants continus de voltage variables.

Les tubes valves à haute tension protègent contre toute surtension ou surcharge, car ils ne permettent pas le passage d'un courant plus grand que celui de leur saturation.

Le voltage maximum n'est pas développé dans la source alternatrice, mais dans les condensateurs, ceci est un avantage vis-à-vis des ruptures des enroulements, difficiles à réparer.

De plus, le condensateur est facilement et rapidement chargé, ce qui fait que le voltage maximum du courant continu est efficace, et reste constant; sa constance ne dépend que de la constance du courant alternatif.

Le système ne donne que de faibles courants, c'est évidemment un inconvénient; si on désire des courants plus intenses, il faut augmenter les capacités et l'appareil devient cher.

Un autre inconvénient est que les condensateurs et les valves sont constamment sous tension, l'isolement doit être de ce fait excellent, ce qui n'est pas impossible dans l'état actuel de la technique. Mais il y aura probablement des limites à cause des pertes par effluves.

J. Quinet, *Ingénieur E. S. E.*

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

L'amélioration du facteur de puissance.

des distributions en courant alternatif (*suite*) (1).

La f. e. m. retardatrice, qui est produite dans le conducteur oscillant, se compose avec celle du circuit du rotor qui fournit le courant magnétisant; sinon, ce courant proviendrait des enroulements du stator; dans ces conditions le moteur tournera avec un facteur de puissance voisin de l'unité.

La f. e. m. du courant ainsi lancé ne doit pas diminuer proportionnellement avec la charge, mais suivant un taux beaucoup moindre, avec ce résultat que l'effet de l'avanceur de phase est comparativement plus grand pour les faibles charges à obtenir, ce qui est justement ce que l'on cherche; le moteur fonctionne alors avec un facteur de puissance voisin de l'unité lorsque la charge dépasse la charge habituelle d'environ 1/3 de pleine charge à 25 % de surcharge. Il est possible ainsi d'étudier les machines de telle sorte qu'elles prennent un courant à f. e. m. avancé des circuits des distributions principales.

Le vibrateur Kapp consiste en trois armatures oscillantes de courant continu dans des champs bipolaires; l'excitation nécessitant un courant continu, s'élève à environ 0,5 % de la production du moteur.

Les fusibles du rotor sont directement connectés aux armatures et ces dernières sont connectées en triangle.

2° L'avanceur de phase rotatif est fabriqué en Angleterre par la British-Westinghouse C° (Métropolitain Vickers) mais n'apparaît pas comme ayant été employé avec une grande extension.

Cet avanceur est pratiquement relié avec un moteur d'induction à bagues collectrices et peut être commandé par ce dernier au moyen de courroies ou toute autre manière appropriée. Le facteur de puissance peut être réglé, soit par un changement de vitesse de l'avanceur de phase, ou bien par dérivation du champ au moyen de bobines en série. L'avanceur prend la forme d'un excitateur fournissant du courant magnétisant à l'enroulement du rotor pour la fréquence du glissement, et peut être réglé, soit pour ramener le facteur de puissance du moteur vers l'unité, ou bien pour lui faire prélever un courant à f. e. m. avancée sur les circuits principaux, contribuant ainsi à produire un effet de compensation pour les autres moteurs.

Aucun excitateur séparé n'est nécessaire : l'armature de l'avanceur est analogue à celle d'une machine à courant continu et munie de balais collecteurs auxquels sont connectés les fusibles du rotor.

L'armature tourne dans un champ magnétique qui est excité par un courant avancé et d'une phase telle qu'il produit un flux magnétique donnant naissance à une f. e. m. d'une autre phase.

La dépense en capital pour ces deux types d'avanceurs de phase est élevée; aussi, pour cette raison, est-elle inutilisable pour de plus petits moteurs.

Avec un moteur capable de prendre du courant avancé avec un avanceur de phase, il est possible de corriger les faibles facteurs de puissance d'autres moteurs d'induction, contribuant en partie à alimenter le circuit.

(1) Voir l'*Électricien* des 1er et 15 octobre 1920.

A titre d'exemple, si la charge totale d'un consommateur consiste à faire fonctionner un grand moteur de 500 k. v. a. avec un facteur de puissance retardé de 90 °/₀, de petits moteurs d'un total de 500 k. v. a., avec un facteur de puissance retardé d'environ 70 °/₀, le facteur de puissance moyen de toute la charge étant 81 °/₀, il est possible en faisant tourner un grand moteur avec un facteur de puissance avancé de 95 °/₀, de porter le facteur de puissance de toute la charge à environ 96,8 °/₀.

Dans l'exemple donné le consommateur recouvre rapidement le prix de l'avanceur de phases, si les charges sont fournies sur la base de la demande en k. v. a.

b) *Condensateur rotatif.* — Pour corriger dans une large mesure le facteur de puissance, vient en première ligne le condensateur rotatif.

Dans le traité relatif à la correction du facteur de puissance édité par l'American-Westinghouse C° d'après les travaux de M. Nicolas-Stahl, on trouve la description de nombreux condensateurs rotatifs ; ceux-ci comprennent deux condensateurs de 15.000 k. v. a. chacun étudiés pour tourner avec un facteur de puissance nul, avancé ou retardé, à la vitesse de 375 tours par minute.

Ces condensateurs sont installés, non pas tant pour la correction du facteur de puissance ou le contrôle de telle charge particulière que pour le réglage du voltage des lignes de transmission.

Il serait à souhaiter, en se plaçant à ce point de vue, que l'on s'occupe très sérieusement en Europe de cette importante question. Dans les États-Unis et au Canada, le problème est différent, par le fait que, de ce côté, de grandes quantités de puissances sont transmises par voie aérienne, ce qui conduit à l'emploi de très grands condensateurs. Il y a cependant de nombreux cas dans ces contrées où le condensateur rotatif, installé comme il convient dans le réseau aérien ou souterrain, résoudra le problème du réglage du voltage. Dans de tels cas, le condensateur devra être sous le contrôle du secteur de distribution, et d'après cela installé aux frais et suivant les séries de prix de ce dernier.

D'un autre côté, il est désirable de donner pour la consommation d'une grande quantité de puissance l'occasion d'avoir à installer un condensateur rotatif ou autre, ce qui, par ce motif même, simplifie grandement le problème de réglage.

Le condensateur rotatif est un moteur synchrone tournant à vide spécialement étudié, et surexcité pour donner sa production normale en k. v. a. pour un facteur de puissance avancé sensiblement nul. Le condensateur nécessite l'excitation d'une source séparée ou d'un excitateur couplé directement, et peut être employé pour les besoins du démarrage du moteur ou tout autre système de mise en marche.

La consommation de puissance de la machine est celle qui est due à la perte en excitation, bobinage, frottements, etc.; quand elle tourne à pleine charge, elle aura les valeurs approximatives suivantes :

Pour	500 k. v. a. de production..	27 kw.
—	750 k. v. a.....	35 kw.
—	1.000 k. v. a.....	50 kw.

Pour montrer que, au point de vue consommateur, l'installation d'un condensateur rotatif peut payer, bien que la perte de rendement soit relativement élevée, nous prendrons l'exemple suivant :

La charge d'un consommateur de 4.000 kw. pour un facteur de puissance de 80 % = 5.000 k. v. a.

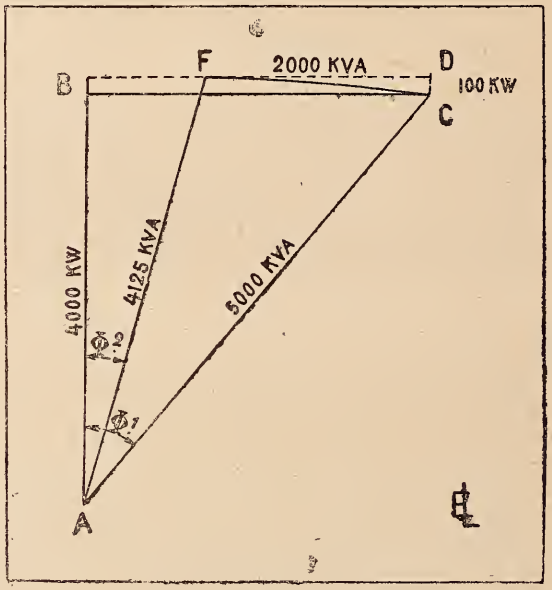


Fig. 4.

Les condensateurs installés, deux de chacun 1.000 k. v. a. = 2.000 k. v. a.

Se référant au diagramme vectoriel (fig. 4), la charge en kw. est représentée par A B et la charge en k. v. a. par A C, la composante déwattée est d'après cela B C ou 3,014 k. v. a. (qui représente la capacité du condensateur nécessaire pour élever le facteur de puissance jusqu'à l'unité); D C représente la perte et F C la production des deux condensateurs.

La charge résultant en k. v. a. sur les circuits principaux est représentée par A F. Une solution de ce problème montrera que le nouvel angle de retard est 14°, équivalent d'un facteur de puissance de 97 %. Ainsi par l'installation de ces

condensateurs, le facteur de puissance de la charge consommée de 4.000 kw. serait élevé de 80 % à 97 %. En admettant un tarif de charge établi sur les bases du tableau ci-après, l'économie de consommation pourra être évaluée comme suit :

4 000 kw. à 80 % de facteur de charge = = 5.000 k. v. a. à 16 sh. = 4.000 £ 0 sh. 4.000 kw. à 97 % de facteur de charge = = 4.125 k. v. a. à 14 sh. = 2.887 £ 10 sh.	1.112 £ 10 sh.
Différence.. 1.112 £ 10 sh.	
Pertes dans chaque machine de 50 kw., par laquelle l'augmentation de demande par 100 kw. est évaluée à 14 sh. par kw. par trimestre ..... 70 £ Pertes d'énergie 100 kw. × 10 heures par jour × 75 jours par trimestre à 0d,35 par unité soit..... 110 £	180 £
Economie.....	932 £ 10

Soit économie par an d'après cela 4 × 932 £ 10 sh. = 3.730 £.

Un consommateur de courant, dans ces conditions, obtiendra un tarif spécial pour les pertes dans le condensateur, et c'est en fait ce qui se produit dans bien des cas depuis que la taxe a été fixée à 0d,35.

En admettant qu'il soit possible de relever ce tarif de manière à réaliser des économies pour recouvrer le prix de l'installation de deux condensateurs à 1.000 k. v. a., en moins de 18 mois, ce serait là, une bonne affaire même pour le bénéficiaire.

La figure 5 représente les connexions deux condensateurs rotatifs installés pendant la guerre dans les bâtiments de grands ateliers du sud de l'Angleterre pour les besoins des consommateurs.

Ces deux condensateurs proviennent des ateliers du ministère de l'industrie (B. T. H.) produisant l'un 700 k. v. a. et l'autre 600 k. v. a. Les machines sont connectées directement aux barres du tableau de la station de distribution des consommateurs, le courant étant fourni sous 415 volts en triphasé. Le groupe électrogène de 600 k. v. a. que l'on voit sur la gauche de la figure a été acheté de seconde main et étant diphasé, un transformateur diphasé-triphasé à connection Scott est couplé entre le groupe générateur et les barres.

c) Condensateurs statiques.

En Angleterre le condensateur statique est rapidement devenu une condition de première importance pour l'amélioration du facteur de puissance, à la fois pour les grandes et les petites installations; ce qui est mis en évidence par les statistiques des principaux fabricants, The British Insulated et Helsby câbles Ltd, qui montrent que les condensateurs construits par eux en 1919, en septembre, représentent au total vingt-sept fois leur production pour 1914, et environ quatre fois la production de 1918; il est intéressant, d'après cela, de pouvoir constater que ce pays est depuis peu arrivé à constituer des capitaux considérables pour les travaux et installations destinés à relever les faibles facteurs de puissance.

Ce condensateur électrostatique est du type à fermeture automatique (self-sealing) Mansbridge pour lequel plusieurs améliorations excellentes ont été obtenues, et dont la plus importante est d'avoir un rendement de 99,5 °/o et une température peu élevée de 20° Faht.

Jusqu'à ces temps derniers, les unités formant le condensateur étaient constituées dans des caissons aménagés, et ces caissons une fois constitués étaient assemblés dans un châssis-cadre à cornières; les caissons étant remplis avec de l'huile isolante.

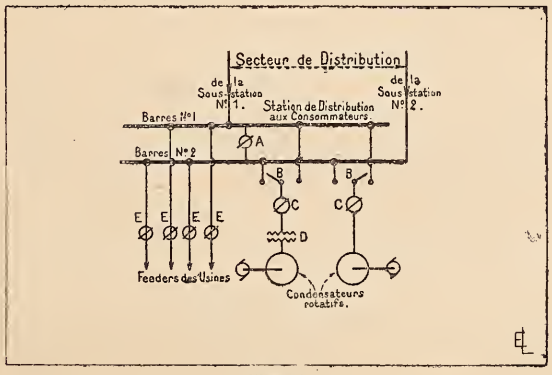


Fig. 5.

Une amélioration du dispositif remplace maintenant le type à châssis dans lequel les unités, tout d'abord au nombre de 100 environ, étaient montées dans le châssis, et le nombre nécessaire de châssis placés dans un récipient de tôle rempli d'huile et d'une manière analogue aux dispositifs de construction réalisés dans les transformateurs statiques.

Le réservoir condensateur représente un progrès, et comme le transformateur ne nécessite pas de fondations spéciales, mais seulement un plancher solide nécessaire pour porter tout le poids.

Les plus hautes tensions pour lesquelles les unités du condensateur ont été étudiées sont de 600 volts, de telle sorte que, pour de hauts voltages les nombres requis d'unités sont connectés en série. Il résulte de là qu'il n'y a pas de difficulté pratique dans la construction des condensateurs pour les distributions d'énergie à 10.000-11.000 volts, bien que la plus haute tension pour laquelle le condensateur Helsby a été construit soit de 3.000 volts. Ci-après sont résumés les principaux avantages du condensateur statique :

a) Etant un appareil fixe, il n'y a pas de surveillance particulière à exercer; *b*) les frais d'entretien sont pratiquement nuls; *c*) la capacité peut facilement être augmentée par l'addition d'unités supplémentaires; *d*) le condensateur peut être connecté à toute partie du réseau où l'amélioration du facteur de puissance a été reconnue nécessaire; *e*) la capacité totale requise pour un réseau particulier, usines, etc., peut être facilement subdivisée en un nombre d'unités installées en différents points; la production du condensateur est constante, mais dans le cas où un condensateur de capacité variable est nécessaire, cette condition peut être réalisée en subdivisant l'installation en deux sections de manière à pouvoir utiliser, soit le 1/3, soit les 2/3, soit la capacité totale, des dispositifs appropriés permettant d'obtenir pour chaque section les connections nécessaires de manière à mettre en circuit soit la capacité totale, soit un tiers ou deux tiers.

On doit se rappeler qu'une fois couplé, le condensateur statique doit pouvoir prendre sa pleine charge, sans qu'il y ait à tenir compte des conditions de charge nécessaires aux grandes utilisations industrielles, ateliers, etc.

Ainsi un condensateur prenant 100 ampères avec un facteur de puissance avancé nul, qui corrige normalement la charge de courant équivalent retardé continuera à être alimenté par le courant avancé des installations de forces motrices ou du générateur, si la charge générale est mise hors circuit; aussi, pour cette raison, il est souvent préférable, et en fait nécessaire de mettre hors circuit le condensateur quand la charge est disjonctée des barres du tableau; d'un autre côté, le secteur de distribution de courant préfère parfois que le condensateur reste d'une façon permanente en circuit et susceptible d'être utilisé pour d'autres charges, sur des canalisations principales, quand le consommateur particulier chez lequel sont installés les condensateurs a été mis hors circuit.

Cette manière de procéder résout la difficulté de s'assurer que le condensateur est en circuit quand le courant passe; autrement, si l'on distribuait l'énergie suivant la demande en k.v.a. le résultat serait désastreux. De même, dans le cas où le condensateur est alimenté par un courant avancé au moyen des canalisations principales seules, sans tenir compte des pertes de rendement, l'enregistreur intégrant des watts-heure s'arrêtera, s'il a été constaté dans un ou deux cas que l'enregistreur peut être actionné en sens inverse.

Les fabricants d'enregistreurs assurent qu'il n'est pas commode de se servir de cet appareil enregistreur spécial, mais que la possibilité d'être utilisé en fait une question de réglage convenable, quand on étalonne l'enregistreur.

Les plus petits condensateurs d'euviron 30 k.v.a. peuvent être couplés d'une façon satisfaisante dans un commutateur à huile ordinaire établi provisoirement pour les lampes de décharge.

Pour de plus grands condensateurs, il est préférable d'avoir un couplage à huile spéciale, avec mise en charge des résistances progressives et contact en court-circuit dans la position d'interruption; tel serait le cas d'un couplage qui aurait une surcharge au moins triple, avec des déclanchements de charge dévoltés.

Revenant à la figure 1, on voit que le courant dans un circuit alternatif est la somme vectorielle des composantes wattées et déwattées.

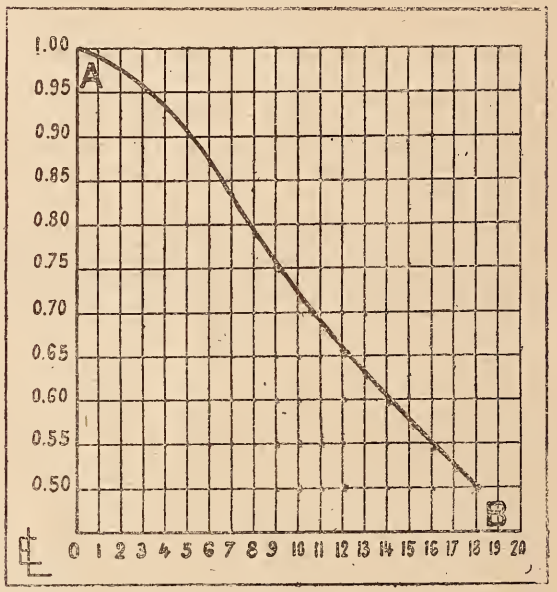


Fig: 6. — Capacité en microfarads pour élever le facteur de puissance à l'unité.

Il s'ensuit que, si la capacité du condensateur introduit la composante retardée déwattée équivalente dans le circuit, le facteur de puissanee augmente jusqu'à l'unité. En prenant par exemple une charge de 100 kw. qui, pour le facteur de puissance de 0,7, a une composante déwattée de 102 k.v.a., il serait nécessaire d'installer un condensateur de 102 k.v.a. pour élever le facteur de puissance à l'unité. La capacité requise pour produire ce courant avancé est calculée par la formule suivante :

Capacité en farad-mètres charge avancée en k.v.a. $\times 10^9/2\pi n \times V^2$ où n est la fréquence et V le voltage du circuit.

En admettant 50 cycles et 550 volts, la capacité du condensateur serait :

$102 \times 10^9 / 314 \times 550^2 = 1{,}071$ farad-mètres

A titre d'exemple, dans la pratique actuelle, on peut admettre qu'il est possible d'augmenter le facteur de puissance au-dessus de 0,95, d'autant plus que la capacité requise du condensateur est relativement beaucoup plus grande au-dessus de cette limite, comme on le voit facilement sur la courbe (fig. 6).

Pour accroître le facteur de puissance sous une charge de 100 kw. de 0,9 jusqu'à l'unité, il serait nécessaire d'avoir un condensateur de cette dimension pouvant accroître le facteur de puissance de la même charge de 0,72 à 0,9.

La capacité du condensateur statique est proportionnelle à la charge, inversement proportionnelle à la fréquence, ainsi qu'au carré de voltage.

C. S.

(D'après E.-W. Dorey, *The Electr. Review.*)

Essais d'isolement de l'huile et des gants en caoutchouc.

L'Hydro Electric Power Commission d'Ontario a imaginé un dispositif pour essayer l'huile et les gants en caoutchouc. Le diagramme des connections est indiqué sur la figure ci-contre, d'après *Electrical World.* Le transformateur employé a une capacité de 1 kilo volt-ampère. Son secondaire peut être connecté en parallèle ou en série et est muni de résistances série élevées. Le voltage primaire est commandé au moyen d'un rhéostat circulaire type potentiomètre relié aux câbles à 220 volts. Dans le circuit principal un contacteur immergé dans l'huile et normalement ouvert est inséré. Ce contacteur se ferme au moyen de courant à 110 volts et 25 périodes et s'ouvre par la pesanteur. Le bras du rhéostat peut tourner et est conduit par un moteur au moyen d'un engrenage réducteur. En passant le point de voltage nul le bras du rhéostat ferme momentanément un petit interrupteur auxiliaire dans le circuit de commande, amenant ainsi la fermeture du principal contacteur et en même temps court-circuitant l'interrupteur auxiliaire. Le contacteur reste fermé aussi longtemps que le circuit de commande est complet. Un petit relais-série instantané est inséré dans le circuit principal qui, par suite de la production d'un fort courant (flashover sur la charge secondaire du transformateur par exemple), ouvre le circuit de commande et permet au contacteur de s'ouvrir. Il est possible, en appuyant sur des boutons, de manœuvrer le contacteur indépendamment de la commande automatique. Des lampes-témoin indiquent si le contacteur est ouvert ou fermé.

Pour essayer l'huile on en place un échantillon dans une coupe où se trouve un éclateur formé de deux disques de 25 millimètres, séparés par un intervalle de 2 mm 5. L'interrupteur à couteaux principal est alors fermé. Le voltage variant par suite du mouvement du rhéostat peut à cet instant avoir une valeur plus grande que ne peut le sup-

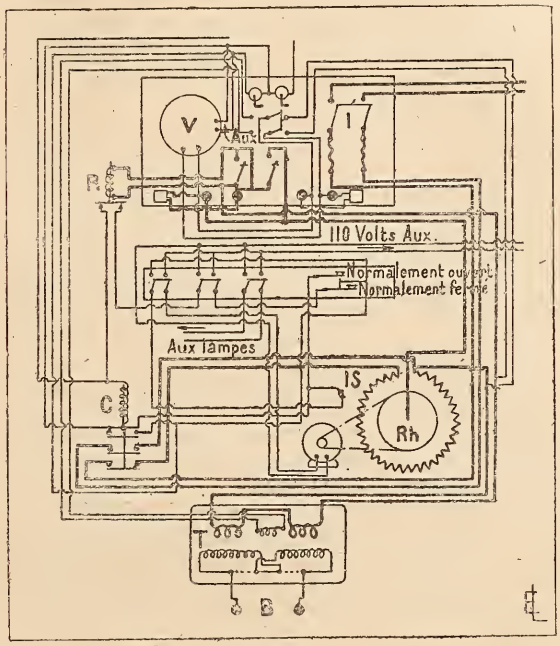


Fig. 1.

Légende. — B, bornes haute tension. — C, coupe-circuit normalement ouvert. — I, interrupteur principal. — IS, Interrupteur fermé par le bras du potentiomètre quand il passe le point de voltage nul. — LL, lampes-témoin. — R, relais normalement fermé. — Rh, rhéostat-type potentiomètre, 14 ohms. — T, transformateur d'essai 1 kilowatt 220/16500 (33.000 volts). — V, voltmètre.

porter l'huile; dans ce cas le courant primaire résultant faisant fonctionner le petit relais ouvre le circuit principal. Le bras du rhéostat entraîné à une vitesse constante, continue sa rotation, jusqu'à ce qu'il atteigne le point de voltage nul; il ferme alors l'interrupteur auxiliaire, manœuvre le contacteur et envoie du courant au transformateur. Le bras du rhéostat continuant à tourner, le voltage augmente rapidement jusqu'à ce qui l'huile soit de nouveau traversée par le courant et que les relais mettent ainsi le transformateur hors circuit.

Pendant ce temps, l'aiguille du voltmètre s'est déplacée et au moment où le circuit principal est ouvert, elle est immobilisée dans sa position d'écart

maximum. L'opérateur a ainsi le temps de faire la lecture avant le prochain cycle.

Pour essayer les gants en caoutchouc le rhéostat est manœuvré à la main et le contacteur est commandé par les deux boutons. L'interrupteur auxiliaire sur le rhéostat n'étant pas nécessaire pour cet essai, est mis hors circuit par l'interrupteur qu commande le moteur. Les gants à essayer sont remplis d'eau et suspendus les doigts en bas dans un récipient d'eau. Le voltage est appliqué entre l'intérieur et l'extérieur du gant. On emploie généralement une différence de potentiel de 10.000 volts qu'on maintient pendant quelques minutes.

M. G.

Séchage de l'isolant d'un générateur après sa mise en place.

L'isolant d'une machine à courant continu peut absorber, entre le moment où elle est mise en place et le moment où elle est prête à tourner, une humidité suffisante pour réduire considérablement la résistance d'isolement. Si cette résistance est trop faible, il peut s'ensuivre des avaries. Les formules fixent à 210.000 ohms la limite inférieure de la résistance dans le cas d'une machine à 250 volts, 200 kw. Une bonne précaution est de sécher toute machine donnant moins de 500.000 ohms à l'état neuf.

La méthode ordinaire d'essai d'isolement consiste à faire fonctionner la machine à environ un quart du voltage normal et à mesurer le voltage entre chaque borne et la terre. Si les lectures du voltmètre ne sont pas supérieures à deux ou trois volts, la machine peut alors être amenée lentement à la vitesse et au voltage normaux. Quand la machine tourne à plein voltage, une résistance d'isolement de 500.000 ohms uniformément répartie donnera une lecture de 7 volts entre chaque borne et le sol.

Le voltmètre doit être un excellent instrument d'une résistance d'environ 100 ohms par volt, ou 30.000 ohms pour une échelle de 300 volts. Plus sa résistance sera élevée, plus grande sera la déviation pour une perte donnée; l'usage d'un instrument de résistance élevée est donc à recommander.

(*Electrical World*) M. G.

Electrification des chemins de fer de l'État autrichien.

Un programme vient d'être établi pour l'électrification des chemins de fer de l'Etat en Autriche. On a calculé que le prix de revient serait de 3 millions 700.000 couronnes, mais l'électrification permettrait le retour à la vie normale par suite de l'amélioration des transports et en même temps réduirait la quantité de charbon nécessaire.

Il y a déjà plusieurs années que le Gouvernement impérial autrichien avait étudié soigneusement l'exploitation des ressources hydrauliques sur une grande échelle; les recherches avaient montré que 2.000.000 de chevaux pouvaient être obtenus des rivières. Ceci réduirait la consommation annuelle de charbon de 6.000.000 ou 8.000.000 de tonnes environ, ce qui fait de 30 à 50 0/0.

Le travail préliminaire a permis de conclure à la possibilité d'électrifier en moins de sept ans 651 kilomètres, c'est-à-dire 15 0/0 du système total des chemins de fer de l'Etat.

Les lignes à électrifier sont celles qui sont les plus éloignées des mines de charbon; ce sont en même temps celles qui ont la plus grande dépense de charbon à cause de leurs fortes pentes et qui sont situées le plus près des principales sources d'énergie hydro-électrique. Il faut en moyenne 24.000 HP par an pour le fonctionnement de ces lignes, de sorte que l'emploi de l'énergie hydraulique économiserait 400.000 tonnes de charbon environ.

Après l'achèvement du premier tronçon, il restera environ 1.077 kilomètres, soit 24 0/0 du système à électrifier, le reste, 2.750 kilomètres, soit 6 0/0, ne convenant pas à l'électrification. M. G.

CORRESPONDANCE

Installation de fortune pour une grande portée de ligne aérienne.

Ayant lu dans l'*Électricien* du 1er mai et du 15 mars la plus longue portée de ligne de transmission d'énergie, je vous communique quelques informations sur une ligne faite au cours de la guerre et à laquelle j'ai moi-même travaillé.

Je suis lorrain et comme tout autre, ai été obligé de servir dans l'armée allemande et envoyé en Russie; mais comme monteur-électricien, j'ai bien vite su parvenir à une formation d'électricien. Notre tâche était de construire les installations électriques nécessaires aux tranchées.

Après le passage des troupes au-delà de la Dwina, il fallut construire une ligne pour alimenter l'autre rive. Cette ligne, haute tension 17.000 volts venant de Skarbe, près de Baldon en Courlande (à proximité de Riga), dut être raccordée en série avec une ligne venant de la centrale d'électricité de Riga. La plus grande portée se trouve près d'Uxcull, station de la ligne de chemin de fer Riga-Friedrichstadt-Dunabourg, et est longue de 850 m. à peu près, mais tendue sur mâts que nous avons dû couper nous-même aux bois voisins. De chaque côté du fleuve, trois mâts de 21 mètres de long, de 50 centimètres de diamètre au pied et de 25 centimètres à la pointe montés en pylône supportent un des câbles en fer de 35 mm² de section. La distance entre pylônes est de 10 mètres et la flèche des câbles dans le milieu est de 7 mètres. Les mâts se trouvant sur une élévation de terrain de chaque côté du fleuve, la navigation n'est donc pas entravée. J'ai trouvé ce travail intéressant parce que tout a été fait par nos propres moyens et a été terminé avec 14 kilomètres de ligne, à travers champs, bois et marécage, en cinq semaines et 60 hommes pour cet ouvrage, dont 9 électriciens.

R. Marzolin.

LÉGISLATION

DÉCRET

Approuvant le cahier des charges-type, dressé en exécution de l'article 28 de la loi du 16 octobre 1919, pour les concessions de forces hydrauliques sur les cours d'eau et les lacs.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics, et du ministre de l'agriculture,

Vu la loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, et en particulier l'article 28, portant que des règlements d'administration publique détermineront notamment :

« . . . . . .

« 3° Le texte des cahiers des charges-type des entreprises concédées » ;

Vu l'article 32 de la loi susvisée et notamment le paragraphe 1er ainsi conçu :

« Les décrets portant règlement d'administration publique, les décrets approuvant une concession ou accordant une autorisation, ainsi que tous autres pris en application de la présente loi, seront rendus sur le rapport et le contreseing du ministre des travaux publics. Les décrets portant règlement d'administration publique et les décrets approuvant une concession sur les cours d'eau ne faisant pas partie du domaine public seront, en outre, contresignés par le ministre de l'agriculture » ;

Vu l'avis du comité consultatif des forces hydrauliques en date du 8 juillet 1920 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Art. 1er. — Est approuvé le cahier des charges-type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 28 de la loi du 16 octobre 1919, pour les concessions de forces hydrauliques sur les cours d'eau et les lacs.

Art. 2. — Le ministre des travaux publics et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 5 septembre 1920.

P. Deschanel.

Par le Président de la République :

Le ministre des travaux publics,

Yves Le Trocquer.

Le ministre des régions libérées, ministre de l'agriculture par intérim,

E. Ogier.

CAHIER DES CHARGES-TYPE

DES ENTREPRISES HYDRAULIQUES CONCÉDÉES SUR LES COURS D'EAU ET LES LACS

Nom de la rivière ou du fleuve.
Nom et adresse du concessionnaire.

Concession de la chute de.....
comprise entre..... et .....
département de.....

CAHIER DES CHARGES

CHAPITRE Ier

OBJET DE LA CONCESSION

Art. 1er. — *Service concédé.* — La concession à laquelle s'applique le présent cahier des charges a pour objet l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinés à l'utilisation de la chute d'environ.....mètre (en eaux moyennes) existant sur le (nom du cours d'eau) entre..... et..... commune de....., département de.....

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à ..... kilowatts, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de..... kilowatts.

La puissance normale brute est évaluée à ..... kilowatts, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de..... kilowatts.

L'entreprise a pour objet principal (1) :

. . . . . .

Art. 2. — *Consistance de la concession.* — Seront considérés comme dépendances immobilières de la concession tous les ouvrages utilisés pour l'aménagement et la production de la force hydraulique devant faire retour gratuitement à l'Etat en fin de concession et notamment le barrage de retenue, les ouvrages d'emmagasinement, les terrains submergés, les ouvrages de prise d'eau, canalisations ouvrages régulateurs ou de décharge, les moteurs hydrauliques (turbines et accessoires), ainsi que les terrains qui les supportent ou y donnent accès et les bâtiments ou partie de bâtiments qui les abritent et les terrains submergés s'ils appartiennent au concessionnaire (2).

CHAPITRE II

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Art. 3. — *Acquisition des terrains et établissement des ouvrages.* — Le concessionnaire sera tenu d'établir tous les ouvrages utiles pour l'aménagement de la force hydraulique et l'exploitation de la concession ainsi que les machines et l'outillage nécessaires à cet effet.

Il devra acquérir tous les terrains sur lesquels seront établies l'usine et ses dépendances immobilières.

En ce qui concerne l'occupation des terrains compris dans le périmètre de la concession et nécessaires à l'établissement des ouvrages de retenue ou de prise d'eau et des canaux d'aduction ou de fuite, souterrains ou à ciel ouvert, de même que pour les terrains submergés par le relèvement du plan d'eau, le concessionnaire bénéficiera des droits prévus à l'article 4 de la loi du 18 octobre 1919.

Au cas où il se bornerait à acquérir des droits réels, notamment des servitudes d'appui, de passage ou de submersion, les contrats relatifs seront communiqués à l'administration et devront comporter une clause réservant expressément à l'Etat la faculté de se substituer au concessionnaire aux mêmes conditions en cas de rachat ou de déchéance ou à l'expiration de la concession.

En outre, s'il s'agit d'une usine de plus de 10.000 kilowatts, le concessionnaire pourra occuper temporairement tous terrains et extraire tous matériaux nécessaires l'exécution des travaux en se conformant aus prescriptions de la loi du 29 décembre 1892.

Le concessionnaire pourra occuper, dans les conditions fixées par le service compétent, sans payement de redevance spéciale, les parties du domaine fluvial nécessaires à ses installations.

Art. 4. — *Acquisition des droits à l'usage de l'eau.* — Pour l'acquisition des droits à l'usage de l'eau exercés

(1) On indiquera ici, avec toutes les précisions nécessaires l'objet principal de l'entreprise, c'est-à-dire la destination de l'énergie pendant toute la durée de la concession.

(2) On spécifiera éventuellement si la concession comprend également les maisons de garde, bâtiments d'exploitation, etc.

et existant à la date de l'affichage de la demande de concession, le concessionnaire bénéficiera des dipositions prévues à l'article 5 de la loi du 16 octobre 1919.

Les contrats y relatifs devront comporter une clause réservant expressément à l'Etat la faculté de se substituer au concessionnaire aux mêmes conditions en cas de rachat ou de déchéance, ou à l'expiration de la concession.

Les contrats passés avec les riverains seront portés à la connaissance de l'ingénieur en chef, par les soins du concessionnaire dans le délai d'un mois à compter de leur signature. Il en sera de même des décisions de justice rendues par application de l'article 6 de la loi du 16 octobre 1919, un mois après qu'elles seront devenues définitives.

Art. 5. — *Caractéristique de la prise d'eau.* — Le barrage ou la prise d'eau sera placé aux abords de.....

Le niveau normal (1) de la retenue sera à la cote de..... du N. G. F.

Le débit maximum emprunté sera de..... par seconde.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à..... par seconde.

Les eaux seront restituées à..... environ.

Art. 6. — *Ouvrages principaux.* — Indiquer dans cet article les dispositions générales des ouvrages, avec leurs principales caractéristiques.

Art. 7. — *Dispositions spéciales relatives à la navigation, au flottage, à la circulation des poissons, etc.* — Le concessionnaire sera tenu, pour faire face aux besoins de la navigation et du flottage (2).

Pour compenser les difficultés que la présence du barrage apportera aux migrations du poisson et le dépeuplement qui peut en être la conséquence, le concessionnaire fournira chaque année aux époques et sur les points indiqués par le service compétent des alevins dont les espèces et les quantités seront également indiquées par ce service, sans que toutefois la dépense correspondant à cette fourniture puisse dépasser la somme de..... fr.

Le concessionnaire sera tenu, si l'administration le reconnaît nécessaire, d'établir et d'entretenir dans le barrage, une échelle à poissons. Dans ce cas, les fournitures d'alevins imposées au concessionnaire pour réempoissonnement de.....(3) en amont du barrage, cesseront d'être dues à partir de la mise en service de l'échelle.

Le concessionnaire pourra être tenu de placer et entretenir à l'amont de la prise d'eau un grillage dont les barreaux seront espacés au maximum de centimètres.

Le concessionnaire devra en outre (indiquer les conditions spéciales auxquelles devront satisfaire les ouvrages notamment en ce qui concerne la protection contre les inondations, la préservation des sites et paysages la pêche).

Le concessionnaire sera tenu de laisser libre circulation sur les dépendances de la concession, aux agents chargés du contrôle de la pêche.

Art. 8. — *Approbation des projets.* — L'exécution de tous les ouvrages dépendant de la concession devra être autorisée dans les formes prévues par le décret du.... Devront être approuvés par le ministre des travaux publics (4).....

L'établissement des machines et l'acquisition de l'outillage pourront être effectués par le concessionnaire sans autorisation préalable s'ils proviennent de sociétés ou constructeurs français et s'ils ont été fabriqués en France.

Si le concessionnaire se trouve dans l'impossibilité de se procurer, en France, le matériel hydraulique et électrique dans des conditions normales satisfaisantes de temps, de prix et de qualité, il pourra l'acquérir à l'étranger avec l'autorisation du ministre des travaux publics. Dans tous les cas, il en sera donné avis au service du contrôle.

L'approbation ou le défaut d'approbation administrative n'aura pour effet ni d'engager la responsabilité de l'administration, ni de dégager celle du concessionnaire des conséquences que pourraient avoir l'exécution des travaux, l'imperfection des dispositions prévues ou le fonctionnement des ouvrages.

Art. 9. — *Délais d'exécution et réception des ouvrages.* — Les projets des travaux nécessaires pour l'aménagement de la force motrice concédée devront être présentés dans le délai de.....mois, à dater de l'acte de concession.

Les travaux seront commencés dans le délai de..... mois à dater de l'approbation des projets et poursuivis sans interruption, de telle sorte qu'ils soient achevés et que l'usine soit mise en service dans le délai de....ans, à partir de la même date, sauf le cas de force majeure dûment constaté.

Le projet de tout ouvrage imposé ultérieurement par l'administration au concessionnaire en exécution du présent cahier des charges devra être présenté dans le délai de six mois de l'invitation qui lui en sera faite, sauf dérogation justifiée par l'importance du travail, et réalisé le plus promptement possible dans le délai fixé.

Aussitôt, après l'achèvement des travaux et au plus tard, à l'expiration des délais prévus au paragraphe précédent, il sera procédé par les soins des agents du contrôle à une réception des travaux dans les fermes prévues par le decret du..... Sur le vu du procès-verbal de cette réception, le préfet autorisera s'il y a lieu, la mise en service de l'usine.

Art. 10. — *Exécution et entretien des ouvrages.* — Les ouvrages, les machines et l'outillage établis en vertu de la présente concession seront exécutés en matériaux de bonne qualité, mis en œuvre suivant les règles de l'art et entretenus en parfait état par les soins du concessionnaire et à ses frais.

Les réparations des ouvrages resteront soumises au contrôle de l'administration, qui pourra, après une mise en demeure, restée sans effet, y pourvoir d'office aux frais du concessionnaire.

Art. 11. — *Bornage.* — Dans l'année qui suivra la mise en exploitation de l'usine, il sera procédé aux frais du concessionnaire et au besoin d'office, au bornage des terrains faisant partie des dépendances immobilières de la concession contradictoirement avec les propriétaires voisins, en présence de l'ingénieur ordinaire du service compétent qui en dressera le procès-verbal. Il sera établi aux frais du concessionnaire et sous la surveillance de l'ingénieur un plan au (5)..... des terrains ainsi bornés.

Lorsque les modifications seront ainsi apportées aux dépendances immobilières de la concession, il sera procédé

(1) Le niveau normal est, soit le niveau légal, s'il y a des ouvrages régulateurs, soit le niveau avant le déversement.

(2) Indiquer, s'il y a lieu, les conditions spéciales auxquelles devront satisfaire les ouvrages, en ce qui concerne la navigation et le flottage.

(3) Nom du cours d'eau.

(4) Indiquer les ouvrages spéciaux dont l'importance exigerait l'approbation du ministre.

(5) On indiquera l'échelle qui sera en principe celle de 1/10.000.

dans les mêmes conditions au bornage des terrains ajoutés ou retranchés et à l'établissement de leur plan dans le mois qui suivra la mise en service des ouvrages établis sur ces terrains.

Art. 12. — *Rétablissement des communications et de l'écoulement des eaux.* — Le concessionnaire sera tenu de rétablir à ses frais suivant les dispositions approuvées par l'administration compétente, les voies de communication interceptées par ses travaux.

Il sera tenu également de rétablir et d'assurer à ses frais le libre écoulement des eaux naturelles ou artificielles dont le cours serait détourné ou modifié par ses travaux. Dans le cas où les ouvrages de la concession feraient obstacle à ce que les canaux ou rigoles d'arrosage s'alimentent comme par le passé, il pourra notamment être tenu de rétablir leur alimentation au moyen d'eaux prises dans ses propres canalisations. Il devra également prendre les dispositions qui seraient reconnues nécessaires par l'administration pour empêcher que les infiltrations d'eau qui proviendraient de ses canalisations nuisent aux parties basses du territoire (1).

Art. 13. — *Reconstitution de la production agricole en cas d'établissement de grands barrages réservoirs noyant une surface importante de terres cultivées.* — Le concessionnaire sera tenu de contribuer à la reconstitution de la production agricole réduite du fait de ses travaux dans les conditions suivantes (2).

CHAPITRE III

EXPLOITATION.

Art. 14. — *Obligation de se conformer aux règlements.* — Le concessionnaire sera tenu de se conformer aux règlements existants ou à intervenir notamment en ce qui concerne la police des eaux, la navigation et le flottage la défense nationale, la protection contre les inondations, la salubrité publique, l'alimentation des populations riveraines, l'irrigation, la conservation et la libre circulation des poissons, la protection des sites et paysages.

Art. 15. — *Obligations relatives à l'écoulement des eaux.* — L'administration se réserve expressément le droit de réglementer les éclusées de l'usine, en obligeant, s'il y a lieu, le concessionnaire à maintenir, dans le canal de fuite, par un bassin de compensation ou par tous les autres dispositifs appropriés, le débit nécessaire pour sauvegarder les intérêts généraux et au besoin un débit égal à celui qui arrive à la prise d'eau, sans qu'il puisse y faire opposition ou prétendre à une indemnité de ce chef.

Art. 16. — *Obligations relatives à l'exercice de la navigation et du flottage et à la sauvegarde des intérêts généraux.* — On inscrira ici les mesures d'exploitation nécessaires à la sauvegarde des intérêts généraux (3) et notamment, sur les cours d'eau navigables ou flottables, celles propres à concilier les besoins de la navigation et du flottage avec ceux de la marche de l'usine.

Art. 17. — *Obligations relatives au rejet des eaux.* — Les eaux empruntées seront rendues à la rivière pures, salubres, et à une température voisine de celle du bief alimentaire.

Art. 18. — *Obligations de participer aux ententes.* — Pour l'exécution des travaux intéressant la vallée du..... ou le bassin du (4).....

CHAPITRE IV

VENTE DE L'ÉNERGIE AU PUBLIC (5).

Art. 19. — *Tarif maximum.* — Les prix auxquels le concessionnaire est autorisé à vendre l'énergie au public ne pourront pas dépasser les maxima suivants pour le courant pris à la sortie de l'usine, sous la forme et la tension résultant du régime de ses machines génératrices ou de ses transformateurs.

Ces maxima comprennent les deux éléments suivants :

1° Une somme fixe de..... fr. par an et par kilowatt de puissance souscrite ;

2° Une redevance proportionnelle de..... par kilowatt-heure, mesuré et livré à la sortie de l'usine génératrice.

Le concessionnaire ne sera pas tenu de fournir une puissance inférieure à..... kilowatts.

Les tarifs maxima pourront être revisés tous les dix ans, soit sur la demande du concessionnaire, soit sur l'initiative de l'administration et suivant les formes adoptées pour l'approbation du présent cahier des charges.

Art. 20. — *Obligation de fournir le courant.* — Le concessionnaire sera tenu de fournir l'énergie demandée dans la limite de la puissance dont il disposera aux différents états du cours d'eau, après avoir réservé celle dont il a besoin pour satisfaire aux contrats déjà passés et au service de concession de distribution d'énergie ou autres entreprises qu'il assurerait pour son compte dans les conditions déterminées par l'article 1er du cahier des charges. Au cas où les demandes d'énergie dépasseraient les disponibilités du concessionnaire, il y serait fait droit dans l'ordre de leur inscription sur un registre spécial tenu à cet effet.

Dans ces limites, le concessionnaire sera tenu, avant l'expiration du délai d'un mois, à partir de la demande qui lui en sera faite, de fournir l'énergie électrique aux conditions prévues par le cahier des charges, à toute personne qui demandera à contracter un abonnement pour une durée d'au moins..... ans. Lorsque la puissance demandée excédera..... kilowatts, le concessionnaire pourra exiger que le demandeur lui garantisse pendant.... années une recette brute annuelle de..... francs par kilowatt demandé.

Si la fourniture exige des travaux complémentaires à l'usine, le délai d'un mois prévu pour la fourniture du courant sera prolongée du temps nécessaire à l'exécution de ces travaux.

(A suivre.)

---

(1) On indiquera ici les conditions à imposer expressément pour l'application des dispositions précédentes.

(2) On indiquera ici le concours que le concessionnaire sera appelé à fournir sous forme de travaux ou de contribution financière aux opérations nécessaires pour reconstituer la production agricole réduite du fait de ses travaux.

(3) On se préoccupera en particulier, sur les rivières à fond mobile, des mesures à prendre pour éviter les dangers résultant des affouillements, exhaussements du lit et apports solides.

(4) Indiquer ici, au cas où un travail d'intérêt collectif de la catégorie de ceux que vise l'article 28-12° de la loi du 16 octobre 1919 serait projeté dans la vallée ou le bassin, les conditions spéciales dans lesquelles le concessionnaire sera tenu d'y participer.

(5) Ce chapitre ne devra pas figurer dans le cahier des charges s'il est constant que le concessionnaire ne fera pas de vente de l'énergie au public pendant toute la durée de la concession.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

BATTERIE GALVANIQUE.

Un élément à deux liquides se compose (fig. 1) d'un vase poreux A placé dans un vase extérieur C; la capacité de l'espace compris entre les deux vases étant égale à la capacité du vase poreux. Une électrode cylindrique en zinc B est suspendue dans le vase extérieur et plonge dans une solutions de chlorure de sodium à 20° Baumé, la connexion au zinc est faite par un fil *w* pénétrant à l'intérieur de l'électrode et maintenu par un boulon et un écrou N. Le vase poreux contient une électrode en charbon D plongeant dans une solution composée de 100 grammes de bichromate de sodium dans 220 grammes d'acide sulfurique. L'électrode D est composée d'un certain nombre de plaques de charbon disposées radialement et fixées à une plaque circulaire E au moyen de têtes F, Les arêtes verticales des électrodes en charbon sont bisautées. (Br. Ang. 137.324.)

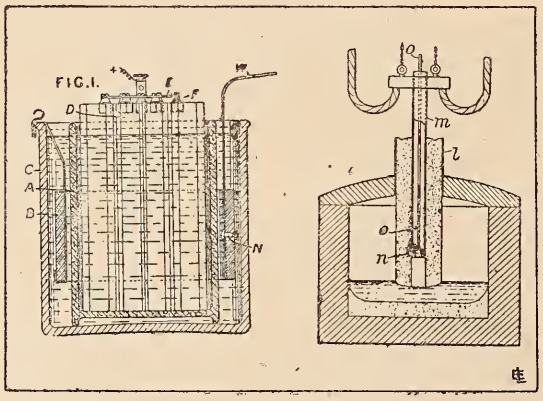


Fig. 1, Fig. 2.

ÉLECTRODES D'ESSAIS POUR FOURS ÉLECTRIQUES.

Une électrode, qui est cuite dans le four auquel elle est destinée, est suspendue à l'aide d'un support attaché à son extrémité inférieure qui est la plus dure. Le support peut être refroidi avec de l'eau : extérieur ou intérieur, il peut aussi être construit de telle sorte que le poids de l'électrode le force à s'accrocher : il peut porter une enveloppe dans laquelle est placée l'électrode en matière brute à expérimenter. Lorsque le support est placé à l'intérieur, il peut se composer (fig. 2) d'un tube *m* fendu à son extrémité inférieure en trois ou quatre parties qui sont entourées d'un cône *u* sur une tige 0. Dans ce cas, le four qui est du type fermé est surmonté d'une enveloppe ou moule *m'*. Lorsqu'on emploie des électrodes moulées séparément, on les fait cuire préalablement dans un four séparé pour durcir leurs extrémités inférieures (Br. Angl. 138.354.

MAGNETO HAUTE TENSION POUR MOTEUR A EXPLOSION A 4 CYLINDRES

La magnéto proposée ne nécessite ni distributeur ni démultiplicateur (fig. 3). Les extrémités du secondaire sont réunis à deux plots à 90°. Les balais frotteurs sont à la même distance angulaire et peuvent se trouver au même instant, en contact avec les deux extrémités du secondaire.

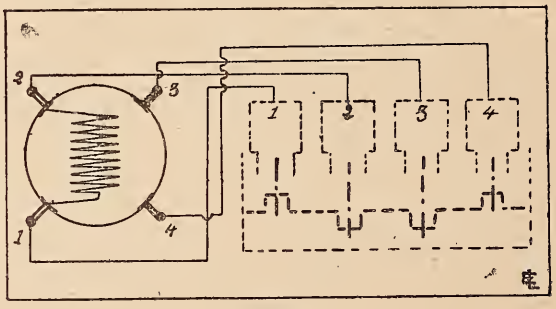


Fig. 3.

Le circuit se ferme par les bougies de deux cylindres, dont l'un se trouve à fin de compression et l'autre à fin d'échappement. — (Brev. Fr. 503.779). P. M.

SUPPORT POUR LAMPE ELECTROLYTIQUE A INCANDESCENCE.

Un support pour lampe électrolytique à incandescence se compose (fig. 4) d'un cylindre métallique 10 ayant

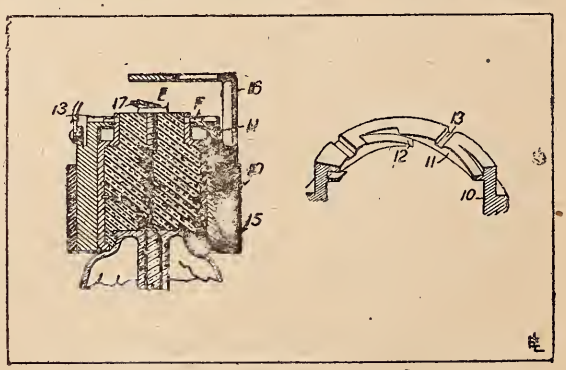


Fig. 4.

un rebord 11 fendu pour former des surfaces inclinées 12 destinées à slulever les contacts F de la lampe et les placer dans des rainures 13 lorsque la lampe est tournée. Un contact central E s'engage par l'intermédiaire d'un ressort 17 sur une culasse 16 montée sur un manchon isolant 15. (Br. Angl. 137.592.) M. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Exercices et problèmes proposés aux lecteurs

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des **MENTIONS** seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

APPLICATIONS

Exercices.

Exercice 1. — *Sur un noyau N en fer doux feuilleté sont enroulées, d'une part une bobine A de 200 spires de gros fil et, d'autre part, une bobine de 5.000 spires de fil fin. (fig. 91.)*

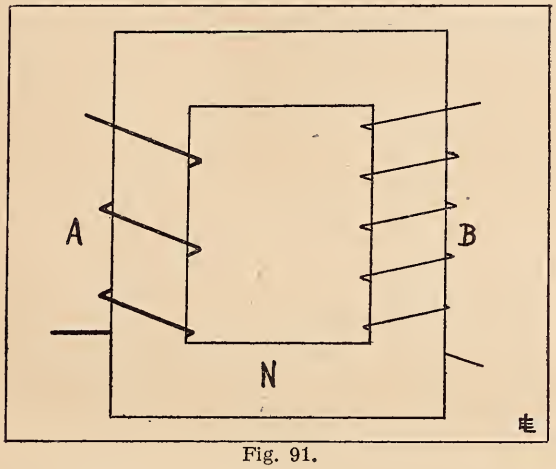


Fig. 91.

La longueur du noyau suivant son axe est de $1^m,80$, *sa section est de 120 centimètres carrés. La perméabilité du fer étant de 3.000, on demande de calculer l'induction mutuelle dans les deux bobines en ne tenant pas compte des fuites magnétiques dans l'ensemble.*

Solution.

Le calcul de l'induction mutuelle de deux bobines est donné par la formule que nous avons vu plus haut :

$$Lm = \frac{4\pi\, nn'}{l \times 10^9} \times \mu s$$

Ici, malgré que les deux bobines ne soient pas concentriques, il y a induction mutuelle et si nous ne tenons pas compte des pertes de flux auxquelles donne lieu le dispositif qui nous occupe, cette formule sera applicable, on aura donc :

$$Lm = \frac{4\pi \times 300 \times 5.000}{180 \times 10^9} \times 3000 \times 120$$

c'est-à-dire $Lm = 25,12$ henrys.

Exercice 2. — *Un noyau en fer doux est soumis à une induction alternative maximum de 12.000 unités. Le volume de ce noyau étant de 2.000 centimètres cubes, on demande de calculer l'énergie absorbée par l'hystérésis dans ce noyau pour un cycle complet.*

Solution.

Nous avons vu que lorsque l'induction est supérieure à 8.000 on peut calculer approximativement la perte par hystérésis dans le fer. On a donc pour la perte par centimètre cube et pour un cycle

$$\frac{12.000 - 5.000}{10^7} = 0,0007 \text{ joule.}$$

La perte totale dans le noyau est donc

$$0,0007 \times 2000 = 1,4 \text{ joule.}$$

Ce procédé de calcul donne une première approximation des pertes par hystérésis. Il faut lui préférer la formule de Steinmetz.

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS

12e Série.

Problème 47. — Dans une bobine de Ruhmkorff la bobine du circuit primaire ou gros fil est formée de deux couches de 125 spires chacune ; la bobine du circuit secondaire ou fil fin est enroulée en 10 couches à raison de 75 spires par centimètre de longueur suivant l'axe de la bobine et pour chaque couche.

La longueur utile de la bobine sur le noyau est de 400 millimètres, le diamètre du noyau en fil de fer doux est de 50 millimètres. On demande de calculer le coefficient d'induction mutuelle de la bobine, la section du noyau étant considérée comme celle d'un noyau plein.

Problème 48. — Un anneau en fer doux feuilleté a un diamètre intérieur de 120 millimètres, un diamètre extérieur de 280 millimètres et une épaisseur de 100 millimètres.

Cet anneau tourne autour de son axe dans un champ magnétique donnant dans l'anneau une induction de 15.000 unités.

On demande de calculer la puissance en watts absorbée par l'hystérésis dans cet anneau si le cycle d'hystérésis est décrit en $\frac{1}{60}$ de seconde et si

le coefficient d'hystérésis du fer employé est de 0,0027.

Problème 49. — L'électro-aimant de l'exercice précédant la 10e série de problèmes ayant son noyau feuilleté en tôles pour machines est alimenté par du courant alternatif, c'est-à-dire est soumis à des variations de champ. On demande de calculer suivant les données de cet exercice, la perte en joule produite par l'hystérésis dans le noyau de cet électro-aimant (1).

On prendra une induction de 12.000 unités.

SOLUTIONS DES PROBLÈMES ROPPOSÉS AUX LECTEURS.

11e Série.

Problème 42. — *Un fil tendu, de* $0^m,50$ *de long, se déplace en restant perpendiculaire à la direction des lignes de force d'un champ magnétique de* 0,25 *gauss.*

Le fil ayant subi un déplacement de $3^m,60$ *au bout de* 0,3 *seconde, on demande de calculer la valeur de la force électromotrice induite dans ce fil par son déplacement dans le champ magnétique considéré.*

Problème 42. — Nous avons à calculer ici une force électromotrice d'induction produite par la déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique. Nous avons vu au paragraphe 52 que cette force électromotrice se calcule à l'aide de la forumle :

$$E = \frac{\Phi}{T \times 10^8} \text{ volts.}$$

Nous allons d'abord calculer le flux coupé par le fil pendant toute la durée de son déplacement.

Nous savons que l'on a, pour calculer le flux Φ la formule

$$\Phi = H \times S.$$

Nous connaissons le champ H, qui nous est donné, soit H = 0,25 gauss. Déterminons la valeur de S, c'est

$$S = 3,60 \times 0,5 = 1 \text{ mètre carré } 80$$

soit

$$S = 18.000 \text{ centimètres carrés.}$$

Le flux Φ coupé par le fil pendant toute la durée de son trajet est alors :

$$P = 0,25 \times 18.000.$$

La force électromotrice induite dans ce fil est alors

$$E = \frac{0,25 \times 18.000}{0,3 \times 10^8} = 0 \text{ volt, } 00015$$

(1) Voir l'*Électricien* du 1er juillet 1920.

Problème 43. — *Si dans le problème précédent on suppose que le fil a* 2 *millimètres de diamètre et est en cuivre de* 0 *ohm* 016 *de résistivité, quelle sera la quantité d'électricité induite dans ce fil?*

Solution.

Problème 43. — La quantité d'électricité induite dans un conducteur par un champ magnétique variable est donnée par :

$$Q = \frac{1}{R} \times \frac{\Phi}{10^8} \text{ coulombs,}$$

on a donc :

$$R = 0,016 \times \frac{0,5}{3,14} = 0,00\ 25 \text{ ohm,}$$

puisque la section d'un fil de deux millimètres est de S = 3,14 millimètres carrés.

Le flux coupé par le fil dans son déplacement est, d'après le problème précédent, de

$$\Phi = 0,25 \times 18.000,$$

on a donc :

$$Q = \frac{1}{0,0025} \times \frac{0,25 \times 18.000}{10^8},$$

soit

$$Q = 0,018 \text{ coulombs}$$

Problème 44. — *Une bobine est enroulée de fil à raison de* 4 *spires par unité de longeur. On demande de calculer le coefficient de self-induction de cette bobine si sa section intérieure est de* 500 *millimètres carrés et sa longueur de* 300 *millimètres.*

Solution.

Problème 44. — Le coefficient de self-induction d'une bobine est donné en unités C. G. S., par la formule :

$$L = \frac{4 \pi N^2 S}{l},$$

ainsi que nous l'avons vu au paragraphe 56.

Ici N représente le nombre total de spires; on a donc sur la bobine, à raison de 4 spires par centimètre de longueur :

$$N = 30 \times 4 = 120 \text{ spires.}$$

Le coefficient de self de la bobine sera alors de

$$L = \frac{4 \pi \times 120^2 \times 5}{30} = 30.144 \text{ unités C. G. S.}$$

Le coefficient de self-induction de cette bobine en henrys est :

$$L = \frac{4 \pi \times 120^2 \times 5}{30 \times 10 \mu} = 0,000\ 03 \text{ henry.}$$

Problème 45. — *Quel nombre de spires faudrait-il ajouter à la bobine précédente si l'on voulait obtenir un coefficient de self quatre fois plus fort?*

Solution.

Problème 45. — La formule du coefficient de self-induction

$$L = \frac{4 \pi N^2 S}{l}$$

nous montre, comme nous l'avons dit, que le coefficient de self-induction est proportionnel au carré du nombre de spires ; si donc le coefficient de self-induction doit devenir 4 fois plus fort, il suffira que le nombre de spires devienne seulement 2 fois plus grand, soit 120 × 2 = 240.

Il suffira donc d'ajouter à la bobine 120 spires.

On peut d'ailleurs déduire directement le nombre de spires.

Problème 46. — *Une bobine de self-induction contient un nombre de spires tel que le champ produit, lorsqu'elle est parcourue par un courant de 35 ampères, est de 245 gauss et que le flux et l'induction ont alors même valeur.*

La bobine étant munie d'un noyau de 100 millimètres de longueur et le fer employé ayant une perméabilité de 70 pour l'induction correspondante, on demande de calculer la valeur du coefficient de self-induction de cette bobine.

Solution.

Problème 46. — Le coefficient de self-induction d'une bobine contenant un noyau de fer de perméabilité μ est proportionnel à la perméabilité de ce noyau ce coefficient est donc, d'après ce que nous avons vu :

$$L = \frac{4 \pi N^2 S}{l} \times \mu$$

Le flux étant égal à l'induction, la section du noyau est alors de 1 centimètre carré.

Le champ dans la bobine étant donné par :

$$H = \frac{4 \pi NI}{10\, l},$$

on a :

$$H = \frac{4 \pi \times N \times 35}{10 \times 10} = 245.$$

Le nombre de spires sera donc de :

$$N = \frac{100 \times 245}{4 \pi \times 35}$$

et le coefficient de self-induction de la bobine aura alors pour valeur :

$$L = \frac{4 \pi}{10} \times \left(\frac{100 \times 245}{4 \pi \times 35}\right)^2 \times 70$$

c'est-à-dire :

L = 273.000 unités, en chiffres ronds.

Ce coefficient en henrys sera :

$$L = \frac{273\ 000}{109} = 0{,}000\ 273 \text{ henry.}$$

On aurait obtenu le même résultat à l'aide de la formule

$$L = \frac{\Phi}{I},$$

En effet, on a pour le coefficient de self dans un spire

$$L' \quad \frac{\Phi}{I\ 10^{-1}}$$

Comme

$$\Phi = H \mu S$$

ou, ici

$$\Phi = H \mu,$$

Ce coefficient est

$$L' = \frac{10\ H \mu}{I}.$$

Pour une bobine de N spires il est :

$$L = \frac{10\ H \mu N}{I},$$

c'est-à-dire, d'après la valeur de N :

$$L = \frac{100\ l\ H^2}{4 \pi I^2} \mu,$$

On a donc

$$L = \frac{100 \times 10 \times 245^2}{4 \pi \times 35^2} \times 70$$

c'est-à-dire

L = 273.000 unités

ou

L = 0,000 273 henrys.

R. Sivoine.

Conservatoire National des Arts-et-Métiers.

Cours de l'année 1920-1921.

1° Cours publics et gratuits.

Électricité industrielle. Les mercredis et samedis, à vingt heures.

M. CHAUMAT, professeur. Le cours ouvrira le samedi 6 novembre.

Mesures des principales grandeurs électriques. — Loi de l'induction électromagnétique. — Induction mutuelle. — Self-induction. — Bobine de Ruhmkorff. — Aimantation du fer. — Théorie du circuit magnétique. — Hystérésis. — Électro-aimants industriels. — Étude des matériaux utilisés dans la construction des machines dynamo-électriques. — Les machines génératrices à courant continu. — Principaux types d'enroulements induits. — Les divers modes d'excitation. — Calcul d'une machine génératrice. — La reversibilité. — La force contre-électromotrice. — Les moteurs à courant continu. — Transport électrique de l'énergie en courant continu. — Système série. — Les systèmes de distribution. — Les accumulateurs électriques. — Conduite et entretien d'une batterie d'accumulateurs.

2° Enseignement pratique.

1re *Année.* — Montage d'une petite batterie de trois éléments. Leclanché pour la plupart des mesures électriques.

Le galvanomètre à cadre mobile et la méthode du miroir et de l'echelle divisee : mise en place, emploi.

La boîte à pont. — Mesure de résistances au pont. Vérification des lois relatives à l'association des conducteurs.

Ampèremètres et voltmètres industriels. Boîtes de contrôle. Détermination des résistances par la mesure de l'intensité et de la différence de potentiel aux extrémités d'un conducteur, méthode de comparaison. Détermination d'une résistivité.

Résistances d'isolement. Méthodes de mesures industrielles. Vérificateurs d isolement.

Etude d'une pile; polarisation.

Comparaison de deux forces électromotrices ou différences de potentiel. Méthodes potentiométriques.

Mesure des capacités. — Association des condensateurs.

Etalonnage des appareils de tableaux.

Etude des machines dynamos à courant continu. Enroulements d'induit. Différents modes d'excitation : excitation séparée, en dérivation, en série, composée.

Relevé des principales caractéristiques des machines dynamos génératrices à courant continu suivant le mode d'excitation.

Etude des moteurs à courant continu. Divers modes d'emploi.

Relevé des principales caractéristiques des moteurs à courant continu suivant leur mode d'excitation et leur mode d'alimentation. Sens de rotation.

Essais de durée des machines génératrices et moteurs.

Evaluation de leur surélévation de température.

Détermination du rendement des dynamos génératrices et des moteurs par les méthodes industrielles courantes : Méthode des pertes séparées, méthode à récupération d'énergie. Emploi des freins.

Essais de réception des dynamos et moteurs.

Essais des groupes électrogènes.

2e *Année.* — Mesures en courant alternatif. Intensité efficace.

Différence de potentiel efficace. Diagrammes du courant et de la différence de potentiel dans des circuits inductifs plus ou moins complexes. Détermination graphique de la différence de phase entre une tension et un courant par par le seul emploi des ampèremètres thermiques.

Mesure d'une puissance en courant alternatif monophasé wattmètre. Facteur de correction.

Cas d'un circuit très inductif (transformateur à circuit secondaire ouvert); méthode simple et pratique pour une mesure correcte.

Mesure de l'énergie. Compteurs. Etalonnage d'un compteur.

Mesure d'une perméabilité. Mesure de l'énergie absorbée par l'hystérésis : emploi des hystérésimètres; emploi du wattmètre.

Mesure des puissances dans les circuits triphasés. Méthode des deux wattmètres. Utilisation des lectures. Cas d'un circuit très inductif (moteur asynchrone à vide).

Etude des machines à courants alternatifs.

Relevé des caractéristiques diverses des alternateurs sur résistances sans induction et sur cirduits inductifs. Méthodes classiques de prédétermination des caractéristiques en charge.

Essais des moteurs synchrones, courbe de Mordey.

Essais des transformateurs, diagramme de fonctionnement.

Pour les conditions d'admission à cet enseignement pratique, s'adresser au Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, Paris.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 144. — 1° Y a-t-il avantage ou inconvénient à acheter un moteur triphasé construit pour une tension plus basse que celle du secteur. Exemple, moteur à 200 volts pour aller sur du 240 secteur. Ce moteur supporte-t-il mieux une baisse de tension. Avantages ou inconvénients.

2° Peut-on trouver exactement la puissance d'un moteur triphasé sans plaque de contrôle. Y a-t-il un procédé pratique. Le frein de Prony ne me paraît réaliser cette condition, la puissance d'un moteur étant extensible.

N° 145. — Je serais très heureux si par la voie de votre journal, je pouvais connaître la formule permettant de calculer la longueur d'onde d'une hétérodyne. Les selfs des bobines plaque et grille s'ajoutent-elles ?

N° 146. — Pourriez-vous m'indiquer une maison construisant des tachymètres fixes pouvant être fixés en bout d'arbre d'un alternateur ou à défaut des constructeurs de tachymètres fixes ou de tout autre type?

2° J'aimerais voir traiter dans l'*Electricien* le mode d'aménagement rationnel d'une plateforme d'essais de machines électriques y compris commutatrices et moteurs à collecteur et d'une station d'essai de compteur.

RÉPONSES

N° 136 R. — I. — Je crois que les décompositions sont occasionnées par l'acide sulfurique...

Pour protéger le cuivre, des vernis, l'huile très épaisse de cylindre en particulier. F.

II. — J'ai remarqué que le liquide mousse dans le éléments dont la densite est trop élevée, vers 30°B.

N° 136 R. — II. — Le liquide des accumulateurs mousse normalement vers la fin de charge ce qui constitue l'un des indices de cette fin de charge. F. L.

N° 145 R. — Les selfs, grille et plaque, étant montés dans le même circuit oscillant, elles interviennent évidemment dans le calcul de la longueur d'onde de l'hétérodyne.

Celle-ci est donnée par la formule :

$$\lambda \pi \sqrt{LC}$$

L = Self-induction exprimée en unités électromagnétiques.

C = capacité exprimée en unités électrostatiques C. G. S.

λ = longueur d'onde en mètres.

Il est, en géneral, difficile de calculer, même approximativement, la longueur d'onde d'une hetérodyne, parce qu'il faut faire intervenir les capacités dues aux lampes.

Le moyen le plus simple est, après construction de la mettre en marche et de coupler avec un contrôleur d'ondes ou un ondemètre, en faisant interférer un petit circuit de choc (pour produire des oscillations).

P. Maurer.

Le Gérant : L. De Soye.

36e Année. — N° 1264. 15 Novembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION

MM.
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;

MM.
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electro mécanique;
P. Letheule, Ingénieur à la Campagnie française Thomson-Houston.
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53-01

L'étalonnage des compteurs et wattmètres pour grandes puissances.

On conçoit aisément qu'il est impossible de disposer dans un laboratoire d'essais des puissances considérables c'est-à-dire de l'ordre de celles de plusieurs milliers de kilovatts, que sont appelés à mesurer les compteurs et watmètres destinés aux gros abonnés de force motrice et stations centrales. On doit donc, pour l'étalonnage des appareils de ce genre, faire usage de méthodes indirectes qui n'exigent la mise en jeu que des puissances relativement faibles dont on dispose dans les laboratoires. Nous nous proposons dans la présente note de décrire les méthodes et installations adoptées depuis longtemps déjà par le bureau de contrôle de l'Institut polytechnique de Grenoble.

Le principe général des méthodes adoptées pour les courants continus, monophasés ou triphasés, consiste à alimenter le circuit à gros fil du compteur ou wattmètre à étalonner par une source à forte intensité sous faible tension et le circuit à fil fin de ces appareils, par une source à haute tension avec faible intensité.

On conçoit que, dans ces conditions, l'appareil pourra être connecté exactement dans les mêmes conditions que dans son circuit normal d'utilisation, bien que la puissance mise en jeu dans cette installation d'étalonnage soit relativement très faible.

I. — COMPTEURS ET WATTMÈTRES POUR COURANTS CONTINUS

Nous donnons ci-contre (fig. 1) le schéma de l'installation qui permet de réaliser l'étalonnage des compteurs et wattmètres pour courant continu jusqu'à concurrence de 6.000 ampères sous 2.000 volts.

L'appareil à étalonner est connecté en C, à la façon normale, avec son équipement complet de shunts, résistances additionnelles et tous autres accessoires.

Le courant à faire circuler dans son circuit à

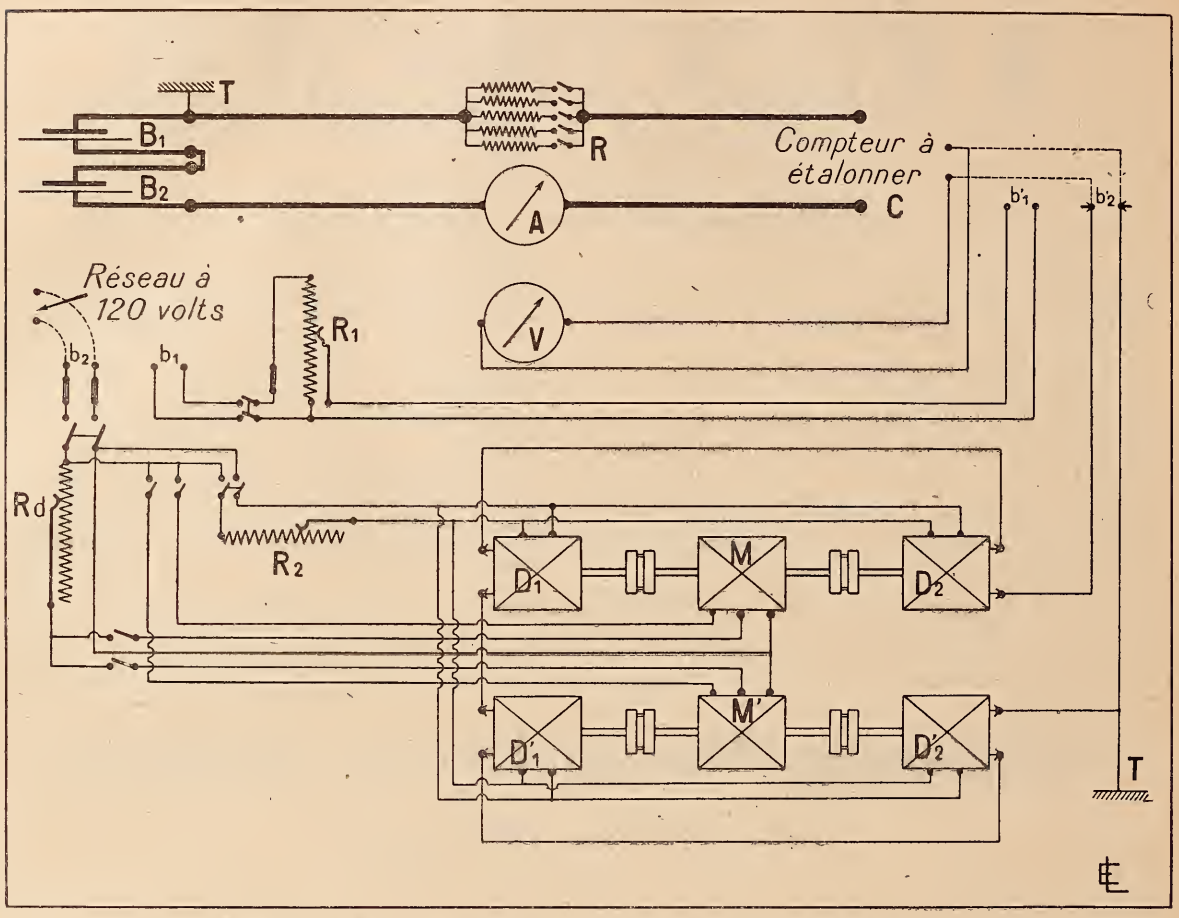


Fig. 1. — Banc d'essais continu 1.2000 kw. 2.000 volts, 6.000 amp.

gros fil est fourni par deux accumulateurs B_1, B_2 de 3.000 ampères chacun que l'on peut coupler suivant les cas, soit en série, soit en parallèle.

Le réglage de l'intensité du courant s'opère à l'aide du rhéostat R, et la mesure en est effectuée par l'ampèremètre-étalon A.

Le courant dans l'appareil à essayer peut être ainsi réglé progressivement depuis zéro jusqu'à 6.000 ampères.

Comme nous l'avons dit, la mise sous tension du circuit à fil fin de l'appareil à étalonnage est réalisée par une source distincte de celle qui fournit le courant.

Pour les appareils de tension inférieure ou égale à 120 volts, le circuit à fil fin est alimenté directement par le réseau de distribution du laboratoire à 120 volts, la tension étant réglée par le rhéostat réducteur R_1.

Dans ce cas, les bornes b_1 sont reliées au réseau, et les bornes b'_1 aux bornes fil fin du compteur.

Pour les voltages supérieurs à 120 volts la tension est fournie par deux petits groupes élévateurs.

Chacun de ces petits groupes est constitué par deux dynamos $D_1 — D_2$ et $D'_1 — D'_2$ chacune de 500 volts et 0,5 ampères actionnées par un moteur à courant continu M et M'.

L'excitation des petites dynamos est indépendante, réglée par le rhéostat R_2 et alimentée par le réseau général du laboratoire à 120 volts.

Le démarrage et le réglage de la vitesse des moteurs s'opèrent à l'aide du rhéostat R*d*.

On peut ainsi aisément par couplages des bornes des dynamos, par réglage de leur excitation et de la vitesse des groupes, réaliser tous les voltages désirés de 120 à 2.000 volts.

Les connexions des bornes b_2 et b'_2 sont alors celles représentées sur le schéma en pointillé.

Le voltage est dans tous les cas, mesuré à l'aide

du voltmètre étalon V, branché aux bornes du fil fin de l'appareil à vérifier. Afin d'éviter tout danger pour l'opérateur ayant à manipuler les organes de réglage de l'appareil à vérifier, il y a lieu d'effectuer deux mises à la terre en T — T.

II. — COMPTEURS ET WATTMÈTRES POUR COURANT MONOPHASÉ

Le schéma de l'installation réalisée pour l'étalonnage des compteurs et wattmètres pour courant monophasé est indiqué ci-contre (fig. 2).

Cette installation permet d'étalonner des appareils monophasés de tous calibres jusqu'à concurrence de 3.000 ampères sous 6.000 volts.

L'installation complète de l'appareil à vérifier, dans ces conditions normales, avec son équipement de transformateurs d'intensité, de tension, de résistances additionnelles et tous autres accessoires, est effectuée en C.

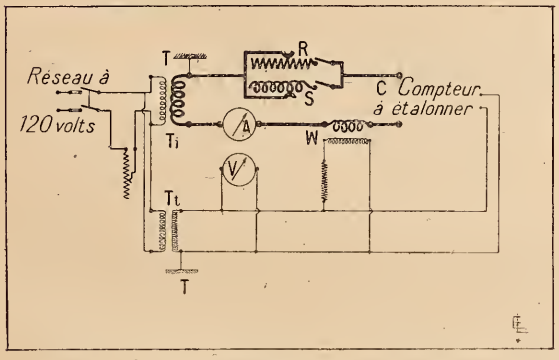


Fig. 2. — Banc d'essai monophasé 1.800 kwa, 6.000 volts, 3.000 amp.

Le circuit fournissant l'intensité de courant nécessaire au fonctionnement de l'appareil à vérifier, comprend un transformateur abaisseur T*i*, pouvant débiter au secondaire un courant de 3.000 ampères, 1 ampèremetre étalon A; un wattmètre étalon W; une résistance réglable R et une bobine de self réglable S.

La tension d'alimentation des circuits à fil fin de l'appareil à vérifier et du wattmètre étalon W, est fournie par un transformateur élévateur à rapport variable T_t.

Le voltage est mesuré par le voltmètre étalon V.

Les primaires des transformateurs T*i* et T_t sont alimentés par le réseau de distribution de courant alternatif à 120 volts du laboratoire. Ils sont montés en parallèle et le réglage est effectué par un rhéostat commun.

Pour l'étalonnage des appareils sur circuits inductifs, on réalise le décalage désiré en faisant fonctionner la bobine de self S en parallèle avec la résistance R et en faisant varier dans des proportions convenables les valeurs d'intensités des courants absorbées respectivement par chacune d'elles.

Pour les mêmes raisons que celles exposées ci-dessus pour les essais des appareils à courant continu, il est effectué deux connexions de mises à la terre en T — T'.

III. — COMPTEURS ET WATTMÈTRES POUR COURANTS TRIPHASÉS

La solution adoptée pour l'étalonnage des appareils de ce genre est analogue à celle appliquée pour les appareils à courant monophasé. Le schéma est donné par la figure 3.

Ce que nous appellerons le « Circuit ampères » comporte sur chaque phase, un transformateur abaisseur de tension pouvant débiter au secondaire un courant de 500 ampères sur des résistances de réglage. Ces transformateurs et ces résistances sont couplés normalement en triangle pour les essais des appareils à 3 fils, mais peuvent être couplés également en étoile pour les essais des appareils spéciaux à 4 fils.

Pour le premier cas, le gros fil du wattmètre étalon W est inséré successivement dans les fils des phases I et II à l'aide d'un commutateur spécial qui insère automatiquement des résistances R_c dans les fils de phase, pour compenser la résistance dûe à l'insertion du wattmètre. La méthode de mesure de la puissance triphasée est donc celle dite des « deux wattmètres », la commutation du fil fin du wattmètre étalon étant assurée en même temps que celle du gros fil par un commutateur spécial à haute tension, solidaire du premier, et dont nous reparlerons plus loin.

Pour les essais des appareils triphasés à 4 fils, les transformateurs abaisseurs et les résistances de réglage étant couplés en étoile, le gros fil d'un deuxième wattmètre étalon est inséré sur le fil de la phase III, son fil fin étant connecté entre les bornes 3 et N du transformateur élévateur de potentiel dont nous reparlerons plus loin.

Le premier wattmètre étalon étant transporté successivement dans les phases I et II à l'aide du commutateur spécial, la méthode adoptée pour la mesure de la puissance triphasée à 4 fils est donc celle dite « des 2 wattmètres ».

Le primaire des transformateurs abaisseurs fournissant le courant au « circuit ampères » est alimenté par un alternateur spécialement affecté à cette installation. Le réglage s'effectue en agissant sur l'excitation de cet alternateur.

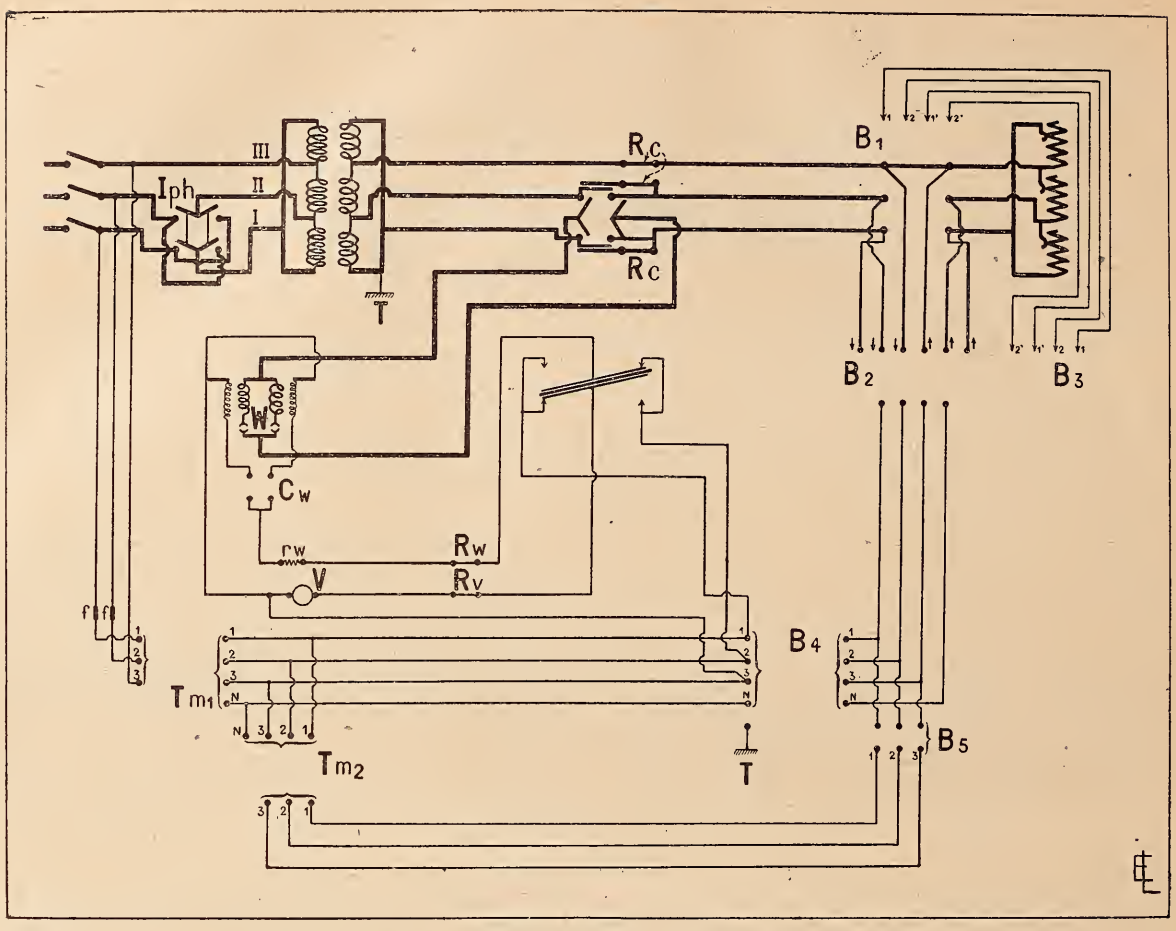


Fig. 3. — Banc d'essai triphasé 5.200 kva. 6.000 volts, 500 amp.

Sur les fils de phases primaires I et II des transformateurs abaisseurs est branché un inverseur destiné à permettre l'ordre des connexions des bornes primaires de ces tranformateurs. Nous exposerons plus loin le rôle de cet inverseur.

La partie constituant le « circuit volts » de cette installation comprend un transformateur élévateur de potentiel à rapport de transformation variable, qui alimente les circuits à fils fin des wattmètres étalons, des appareils à étalonner ou les transformateurs de tension de ces appareils.

Les permutations nécessaires dans les connexions du voltmètre étalon V et du fil fin du wattmètre étalon W, pour l'application des méthodes de mesure de puissance triphasée adoptées, sont réalisées par le commutateur spécial à haute tension déjà signalée et dont le fonctionnement est très facile à suivre sur le schéma.

Cet appareil, accouplé mécaniquement avec le commutateur de gros fil du wattmètre étalon, permet ainsi l'application des méthodes de mesure de puissance triphasée des 2 ou des 3 wattmètres, suivant les cas, jusqu'à concurrence de 500 ampères sous 6.000 volts sans interposition d'aucun transformateur de mesure, ni pour l'intensité, ni pour la tension ; le voltmètre et le fil fin du wattmètre fonctionnent avec des résistances additionnelles séparées R*v* et R*w*.

Le primaire du transformateur élévateur de potentiel alimentant le « circuit volts », est connecté en parallèle avec les primaires des transformateurs abaisseurs de tension, qui alimentent le « Circuit ampères ». Le réglage de la tension s'opère donc en même temps que celui de l'intensité par action sur l'excitation de l'alternateur, qui alimente cette installation.

L'appareil à vérifier est connecté dans cette installation dans les conditions normales de son fonc-

tionnement et avec son équipement complet de transformateurs d'intensité, de transformateurs de tension et tous autres accessoires. L'étalonnage peut donc être fait exactement dans les mêmes conditions que si l'appareil se trouvait sur son réseau normal d'utilisation. La seule précaution à prendre consiste à supprimer les points communs qui pourraient exister entre les circuits à gros fil et les circuits à fil fin de l'appareil à vérifier.

Le facteur de puissance réalisé dans cette installation, dans les conditions de connexions normales indiquées par le schéma, est extrêmement voisin de l'unité.

Pour réaliser les essais sur circuits inductifs, on provoque le décalage de l'intensité par rapport à la tension par diverses combinaisons des couplages des enroulements primaires et secondaires des transformateurs abaisseurs alimentant le « Circuit Ampères » et du transformateur élévateur de potentiel alimentant le « Circuit Volts ». On peut également connecter des bobines de self réglables en parallèle avec les résistances de réglage du « Circuit Ampères ».

L'inverseur branché sur les fils de phase primaires I et II des transformateurs abaisseurs du « Circuit Ampères » permet de réaliser rapidement, par simple permutation des phases I et II, l'essai sur circuit inductif pour cos $\varphi = 0$ sur chaque pont, des compteurs triphasés ordinaires à 3 fils.

Pour les raisons de sécurité exposées plus haut, il est effectué deux connexions de mises à la terre en T — T. La mise à la terre du « Circuit Volts » est effectuée par la borne 3 pour les compteurs triphasés à 3 fils et par la borne N pour les compteurs triphasés à 4 fils.

On remarquera que, dans ces méthodes d'étalonnage en « circuits séparés », certains points des circuits de l'appareil à vérifier qui sont habituellement soumis à la haute tension sont, par mesure de sécurité, mis au potentiel zéro de la terre ; c'est le cas notamment de tous les circuits à gros fil et des transformateurs d'intensité. Il n'est donc pas procédé au cours de ces étalonnages à la vérification complète de l'aptitude des appareils étalonnés à supporter dans les conditions normales la tension de service pour laquelle ils sont établis.

On procède à ces épreuves de mise sous tension à la réception, avant l'étalonnage, et après le réglage

L. Barbillion,
Directeur de l'Institut polytechnique
de l'Université de Grenoble.

L. Segoud.
Ingénieur du service des essais
au bureau de contrôle et d'étalonnages
de cet Institut.

TÉLÉPHONIE et MÉTAPHYSIQUE

Des déclarations sensationnelles de l'illustre électricien Edison ont ramené récemment l'attention sur certaines incursions que les plus grands électriciens font de temps en temps dans le domaine de la métaphysique, dont les frontières apparaissent bien indécises aux confins du magnétisme scientifique.

Le savant américain aurait déclaré qu'il mettait au point un appareil devant permettre de communiquer avec les esprits, si réellement ceux-ci continuaient à exister après la mort. Il comptait même pour réaliser cette expérience sur le concours d'un de ses collaborateurs décédé depuis quelque temps, et très au courant de ses travaux à ce sujet. La fantaisie humoristique s'est aussitôt donné cours, et le public ne parle rien moins que du téléphone avec l'au-delà.

Aucune indication n'ayant été jusqu'à présent fournie sur la technique et les bases scientifiques des essais en question, on ne peut indiquer s'il s'agit réellement d'un essai d'adaptation du téléphone, plus ou moins sensibilisé.

Toutefois, nous pouvons prévoir, en nous basant sur les connaissances scientifiques actuelles, que le téléphone peut être apte à nous révéler les mystères de la pensée vivante, si comme il y a tout lieu de le supposer, celle-ci est constituée par une énergie, un fluide en mouvement, des vibrations dont la fréquence et la longueur d'onde nous sont inconnues. On sait qu'il existe de grands vides dans l'échelle des vibrations connues (de fréquence 32 pour le son à 3 quintillions pour les rayons X). Les chiffres extrêmes que nous connaissons vers les ondes chimiques laissent encore place à des longueurs d'onde que nos sens et nos appareils n'ont pu percevoir jusqu'ici.

Or les progrès de la T. S. F. notamment la réception par hétérodyne, permettent la réception avec téléphone des fréquences plus grandes que celles donnant des sons nettement perceptibles au téléphone, lesquelles sont de l'ordre de 1 000 à 2.000. Avec l'hétérodyne, on crée à la reception un courant de fréquence analogue, mais inférieure de 1.000 à 2.000, de sorte que celle-ci seule actionne le téléphone. Il ne serait au fond même pas nécessaire de connaître les longueurs d'ondes en jeu, puisqu'il suffit de maintenir la différence ci-dessus qui répète pour nos oreilles les modulations transmises.

On peut très bien admettre que la longueur d'ondes psychiques d'un homme serait du même ordre de grandeur que celle d'un autre homme, et vraisemblablement avec une petite différence qui permettrait justement la réception en vertu du principe de l'hétérodyne. Un opérateur récepteur servirait en un mot d'hétérodyne par rapport à l'individu émetteur de pensées. Il resterait évidemment à interpréter le sens des signaux perçus au téléphone, mais ceci pourrait alors facilement être mis au point par des expériences entre opérateurs en communication constante par les moyens ordinaires.

L. D. Fourcault.

*

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

Interrupteurs à huile, à compression d'huile

Les interrupteurs à huile employés comme disjoncteur en charge, dès l'instant que l'on arrive à de grosses puissances, deviennent des éléments d'installation avec lesquels il faut compter. La construction de ces appareils n'a pas dans beaucoup de cas, répondu aux qualités qu'on attendait d'eux et de nombreux accidents en ont été les conséquences, explosion des bacs, incendie des appareils, projection d'huile enflammée. Aussi cette question a-t-elle fait l'objet d'études sérieuses dans tous les pays, d'autant plus que les puissances mises en jeu augmentent de jour en jour.

Les directives devant présider à la construction des interrupteurs à huile et découlant de ces recherches, sont :

1° Grande vitesse d'interruption des contacts au droit desquels s'opère la dernière rupture ;

2° Haute pression d'huile s'exerçant sur les arcs se formant lors de l'interruption dans le but d'obtenir un refroidissement intensif de cet arc, et des gaz produits, ainsi que l'étranglement de la gaîne gazeuse ;

3° Position la plus basse possible de l'arc dans le bac à huile pour augmenter le chemin à parcourir par les gaz chauds et les vapeurs métalliques montant à la surface supérieure ;

4° Les contacts doivent être largement conditionnés dans le but de diminuer la formation des vapeurs métalliques causes de l'arc.

De ces quatre questions les deux premières sont les plus délicates à réaliser et particulièrement la seconde.

Toutefois, la réalisation de la première ne doit pas entraîner des chocs brutaux dans le fonctionnement des interrupteurs amenant le descellement des porcelaines et la dislocation des divers assemblages.

Dans le disjoncteur Maljournal et Bourron à chambre de compression exposé à la dernière Foire de Paris, le constructeur s'est appliqué à l'observation des conditions ci-dessus au moyen de conceptions ingénieuses (fig. 1).

Les principaux contacts A ainsi que les contacts auxiliaires E sont montés sur les traverses isolantes B reliés par des entretoises qui portent des manchons de guidage et auxquelles sont accrochées les bielles d'entraînement C.

Les extrémités de ces bielles sont articulées aux extrémités de leviers amplificateurs qu'entraînent les manivelles de l'arbre de commande par l'intermédiaire de petites bielles.

Ce dispositif breveté en tant que mécanisme renfermé à l'intérieur des bacs d'huile permet d'obtenir des courses très longues de la glissière sans augmenter la longueur des manivelles de commande, ni, par conséquent, la hauteur des capots.

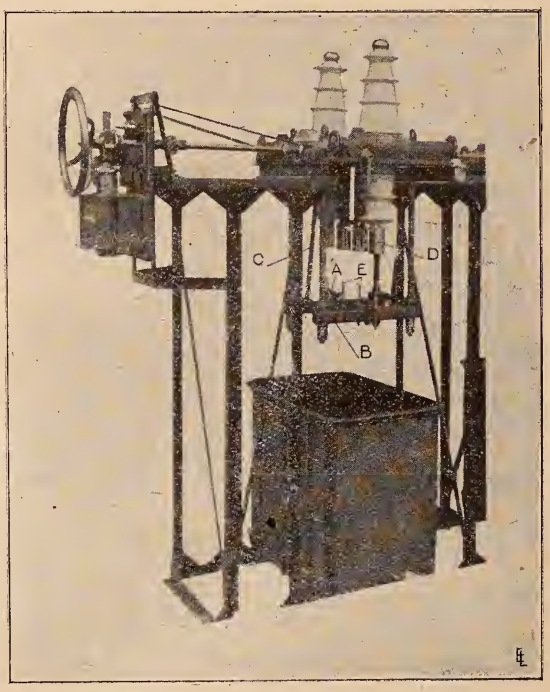


Fig. 1. — Vue de l'élément d'un phase de disjoncteur Maljournal et Bourron.

Mais, en outre, la suppression des supports de contacts en porcelaine, placés habituellement sur le châssis mobile permet d'allonger la course des contacts, sans augmenter la hauteur des bacs d'huile, tout en ayant une hauteur d'huile suffisante.

Le châssis se trouvant considérablement allégé du fait de la suppression des supports en porcelaine on obtient avec les mêmes ressorts, par conséquent, avec le même effort à vaincre l'enclenchement, des vitesses de rupture beaucoup plus grandes.

On a du même coup supprimé les inconvénients du descellement des supports en porcelaine, qui se produit toujours à la longue, dans les appareils de très haute tension, en raison du poids considérable de ces pièces.

Dans le modèle définitif en construction, l'allègement des parties mobiles est accru et les frottements de la glissière sont diminués grâce à l'emploi d'une poutre isolante unique, guidée simplement à ses extrémités.

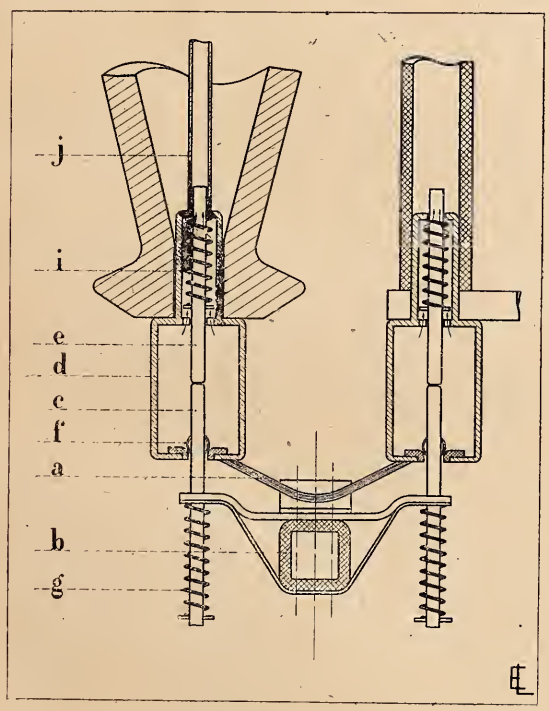


Fig. 2.

La compression des ressorts pourra être réduite, ainsi que l'effort à l'enclenchement.

Le disjoncteur représenté comporte 4 ruptures par phases s'opérant sur des organes spéciaux auxiliaires.

La figure 2 montre la disposition des contacts. Les contacts principaux mobiles *a* sont montés sur la traverse isolante *b* qui porte également les contacts auxiliaires mobiles *c*. Ces derniers pénètrent dans les chambres de compression *d*, où se produit l'arc entre les contacts *c* et les contacts supérieur *e*.

Quand la traverse isolante *b* tombe sous l'action du mécanisme de déclenchement, les contacts *c* sont maintenus en position par le ressort de retenue *f* jusqu'à ce que le ressort *g* soit entièrement comprimé A ce moment, le contact *c* s'échappe et se trouve brusquement entraîné par la détente du ressort *g*, la vitesse propre ainsi obtenue s'ajoutant au mouvement de translation de la traverse.

En même temps, l'arc se produit dans la chambre *d* entre les contacts *c* et *e*. Ce dernier est repoussé vers le haut sous l'action de la pression des gaz de l'arc, et la vitesse qu'il acquiert s'ajoute à celle du contact inférieur pour réaliser une vitesse considérable de séparation des contacts.

Le contact *e* dans son ascension comprime le ressort *i* qui le rappellera dès que la pression sera tombée dans la chambre.

L'arc se produit donc dans une masse d'huile dont la pression est engendrée par les gaz mêmes développés par l'arc, et cette pression provoque un étranglement de la gaîne gazeuse d'autant plus rapide que la vitesse d'allongement de l'arc est elle-même plus grande.

Par une disposition des plus ingénieuses, les gaz de l'arc au lieu de se répandre dans la masse d'huile du bac et de se mélanger à la masse d'air qui se trouve au-dessus du niveau d'huile, s'échappent par le conducteur central *j*, qui les écoule directement à l'air libre après refroidissement sur une série de toiles métalliques baignant dans l'huile.

Les passages des conducteurs avec évacuation des gaz en particulier ont fait l'objet d'une étude très sérieuse.

Il serait intéressant d'avoir des résultats de fonctionnement et de durée dans les conditions pratiques. Il est à craindre que les vapeurs métalliques et d'huile puissent par condensation déposer des particules sur ces organes ce qui amènerait des coincements préjudiciables à la sûreté.

Dans un interrupteur étranger, on a recours à la compression préalable de l'huile. Cette disposition entraîne une étanchéité totale du bac à huile et du couvercle.

Le niveau de l'huile dans l'appareil atteint le couvercle et il ne doit pas y avoir d'intervalle d'air.

L'ensemble forme une cuve (voir fig. 3) dans laquelle se trouvent les contacts qui n'on rien de particulier.

Le couvercle présente en son centre un auget dont le fond est en dessous du niveau de l'huile et qui peut être en communication avec celle-ci par une soupape de surpression réglable de 3 à 5 atmosphères.

A la traverse qui porte les contacts est fixé un piston plongeur K qui débouche dans l'auget plein d'huile.

Son déplacement, la cuve étant pleine d'huile va modifier le volume disponible pour cette huile.

Au moment de la mise en circuit, le plongeur se déplace vers l'extérieur, le volume disponible pour l'huile intérieure augmente, la pression intérieure diminue, et par suite de la pression atmosphérique une quantité d'huile égale au volume déplacé par le plongeur entre dans la cuve par la soupape de sûreté à double effet.

En marche, les pressions intérieure et extérieure sont égales puisque l'équilibre s'est établi au début.

Au moment du déclenchement, la traverse avec les balais principaux et le piston K se déplace vers le bas tandis que le contact de rupture est encore en prise.

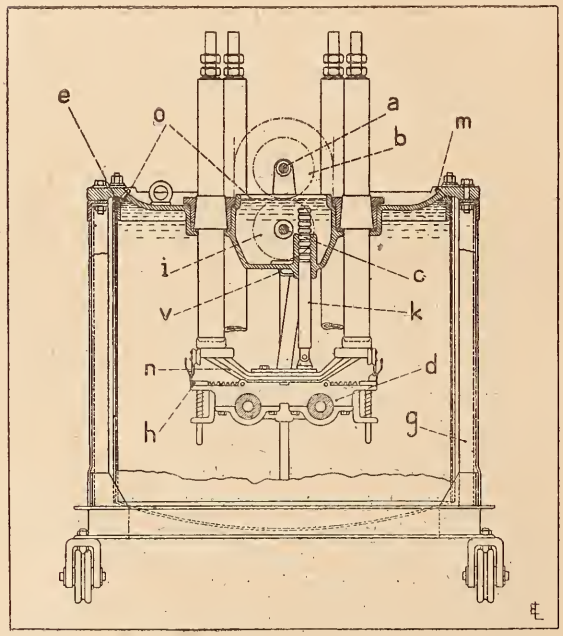


Fig. 3.

Par la descente du plongeur, le volume laissé libre à l'huile intérieure diminue et comme il ne doit pas y avoir de matelas *d'air compressible*, la pression de l'huile augmente immédiatement et atteint son maximum, réglé par la soupape, au moment où la rupture a lieu aux contacts auxiliaires.

Dans cet appareil, il faut que l'étanchéité soit parfaite et qu'il ne se produise aucun rassemblement d'air ou de gaz en un point haut de la cuve, ce qui ne doit pas être le plus facile à contrôler.

Il nous paraît bon de rappeler ici les conditions dans lesquelles on avait tenté de reproduire les effets mécaniques qui accompagnent le phénomène de rupture d'un court-circuit dans un bac d'huile.

Dans ce cas, il ne s'agit pas d'employer des explosifs quelconques attendu qu'ils produisent une quantité de gaz considérable alors que dans l'arc les gaz sont limités aux vapeurs métalliques provenant des contacts et les quelques gaz volatilisés et dissociés à la surface immédiate de l'arc. Le dégagement gazeux véritable ne se produit qu'après que le phénomène électrique a complètement cessé (1).

La durée de l'arc dans les disjoncteurs à huile moderne est réduite à l'ordre du 1/100 de seconde; or les relevés monométriques montrent que l'effet calorifique consécutif au passage de l'arc dans l'huile subit un retard qui est du même ordre de 1/100 de seconde.

Pour reproduire ces conditions au moyen d'une réaction chimique il est indispensable de recourir à des combinaisons pouvant dégager une quantité de chaleur équivalente au travail de rupture dans un temps très court et à de l'ordre du 1/100 de seconde une température et sous un volume approchant de celui de l'arc mais sans dégagement gazeux appréciable.

Dans les essais effectués au Laboratoire des établissements Maljournal et Bourron, on a employé dans ce but la réaction aluminothermique :

$$2\,Al + Cl\,O_3\,K = K\,Cl + Al_2O_3$$

Dans un disjoncteur de 15.000 volts comprenant un court-circuit de 600 ampères, le travail de rupture a été calculé équivalent à 2,2 grande calorie ou à 0,354 grammes du mélange ci-dessus.

Ce mélange enflammé électriquement dans le bac d'huile n'a donné lieu qu'à un faible dégagement de fumée bleuâtre sans autre effet mécanique sensible.

Evidemment, dans un disjoncteur à rupture lente, le dégagement thermique serait beaucoup plus élevé que celui supposé plus haut.

C'est ce procédé qui, sans avoir recours pour cela à la puissance d'une centrale, a permis au constructeur précité de fournir pour la construction de leurs nouveaux modèles des garanties sérieuses.

R. Wolff.
Ingénieur E. T. P.

(1) M. P. Charpentier, ingénieur en chef des Etablissements Maljournal et Bourron.

LA SOUDURE A L'ARC (1)

Exécution des soudures électriques.

Exécution des soudures. — Les soudures à l'arc peuvent s'exécuter soit *à reculons*, soit *de gauche à droite*, procédé dénommé *soudure en arrière*, principalement pour les constructions en tôle d'acier où ce dernier mode de soudure procure l'augmentation de la vitesse d'avancement d'environ 30 à 35 %.

On doit tenir l'électrode presque verticale, perpendiculairement à la pièce à souder, très légèrement inclinée du côté de la ligne à souder et non pas de celle déjà soudée. La baguette doit être animée d'un mouvement transversal ou longitudinal, suivant les épaisseurs à souder. Cette position procure l'avantage d'une fusion régulière du métal et de l'enrobage de l'électrode.

La partie sur laquelle l'arc se forme a ainsi une section uniforme et la plus réduite possible. Enfin, cette façon d'opérer permet aussi de déposer plus facilement le métal là où l'on désire.

D'abord, il faut *amorcer*, c'est-à-dire provoquer la formation de l'arc et le maintenir.

Pour cela, le courant étant établi, l'opérateur frotte légèrement et vivement l'extrémité de l'électrode, comme une allumette, sur la pièce ou sur le montage, de manière à produire quelques étincelles pour chauffer le métal et percer la couche isolante se trouvant au bout de la tige électrode. Il approche de suite la baguette de la ligne à souder, au point de début. Dès contact, les étincelles jaillissent, et l'ouvrier éloigne vivement le bout de l'électrode de façon à établir la formation de l'arc qui peut avoir de 8 à 20 millimètres de long suivant les cas; en général son écartement de la pièce à souder est d'environ 4 à 5 millimètres. Le métal de la baguette, ainsi que celui de la pièce, fondent aussitôt, et leur réunion intime forme la soudure qui se fait instantanément.

Il est important, même nécessaire, de maintenir l'électrode toujours à la même distance, afin de compenser l'usure et de façon que l'arc soit continu, sans *désamorçage*.

L'ouvrier est vite initié à cette opération qui semble délicate mais qui en réalité ne présente pas de sérieuses difficultés. En opérant ainsi, on évite des variations de débit à la dynamo et la fusion est bien plus régulière.

(1) Voir l'*Electricien* 15 octobre, et 1er novembre 1920.

L'opérateur doit donc prendre rapidement l'habitude d'avancer la baguette au fur et à mesure de la fusion pour la maintenir à la distance voulue.

Quand l'électrode est trop rapprochée, elle se soude avec la pièce à réparer, d'où un certain effort pour l'en arracher. Le *collage de la baguette* a, de plus, l'inconvénient de faire augmenter le débit de la génératrice et de faire chauffer les transformateurs du courant qui jouent le rôle d'amortisseurs électriques diminuant l'influence des courts-circuits.

L'habileté du soudeur à l'arc consiste à fondre d'une façon parfaite les bords à assembler, sans interposition de *laitier*, à ne pas brûler le métal par fusion prolongée, à *souder à cœur* et à réaliser une soudure d'aspect présentable. Enfin, il doit connaître le règlement du poste de soudure, manipuler avec rapidité les appareils électriques et donner à l'arc la tension de courant nécessaire sans excès, ni mollesse. Pour travailler, le soudeur saisit dans la main gauche la pince porte-électrode et se protège contre les rayons ultra-violets de l'arc par un masque à verres rouges qu'il tient dans la main droite. Il doit opérer ainsi, car il est indispensable de marteler fortement les soudures électriques, ce qui est plus aisé de faire avec la main droite qu'avec la gauche.

Le soudeur ayant fait un apport de métal suffisant interrompt son arc, garde à la main gauche le porte-électrode, pose son masque et saisit rapidement le marteau de soudure avec sa main droite et martèle vigoureusement le métal rapporté.

Il doit arrêter le martelage avant d'arriver au rouge sombre (700°); sinon, en le prolongeant à une température plus basse, on risque de modifier les propriétés mécaniques du métal et de le rendre cassant.

Le marteau du soudeur pèse environ de 500 à 600 grammes (voir fig. 2). On se sert de la panne pour le martelage afin de bien atteindre le métal d'apport au fond du chanfrein. Le laitier protecteur, provenant de l'enrobage de l'électrode et restant à la surface du métal de soudure, est généralement enlevé à l'aide de ce petit marteau.

Considérons deux pièces importantes à réunir, chacune possédant un double chanfrein. Il est nécessaire de commencer la soudure sur une partie légèrement réchauffée (150° à 200°) afin d'éviter

un collage du métal d'apport au début du travail.

On peut obtenir cette chauffe préalable à l'aide d'une pièce assez épaisse chauffée au rouge à la forge et appliquée à l'endroit désiré, où par chauffage direct avec une lampe à essence, ou avec un chalumeau oxyacétylénique quand on en possède un. On peut éviter cette première opération, en fondant quelques électrodes en A sur un côté de la pièce; le métal en excès sera par la suite enlevé au burin (fig. 8).

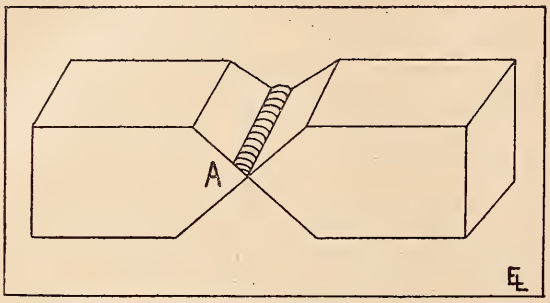


Fig. 8.

On dépose la première couche de métal d'apport dans le fond du chanfrein comme l'indique la fig. 8, en ayant soin d'attaquer les deux parties à souder. Le martelage de ce métal se fera environ en deux fois pendant la fusion d'une électrode. La couche de métal aura de 6 à 8 millimètres d'épaisseur.

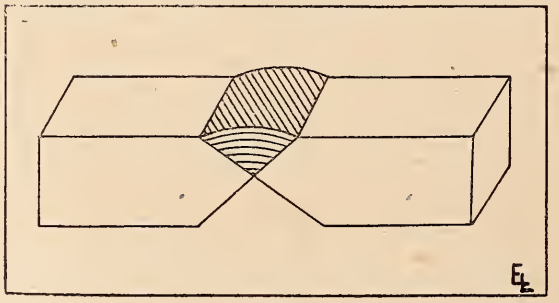


Fig. 9.

La première opération terminée on rafraîchira au burin pneumatique de préférence pour gagner du temps, la surface du métal d'apport et l'on continuera de la même manière par couches successives jusqu'au remplissage complet du chanfrein (fig. 9). Lorsque la pièce est exposée à subir d'importants efforts mécaniques, on doit lui rapporter une surépaisseur de métal pour la renforcer. Enfin, on retourne la pièce pour le remplissage du second chanfrein, en observant les mêmes conditions de martelage et de nettoyage au burin. La soudure d'une pièce semblable peut être arrêtée en cours de travail sans inconvénient; mais à la reprise, il faudra procéder au réchauffage local de 150° à 200° afin d'éviter le collage du métal d'apport de début de l'opération.

En résumé, dans *l'exécution des soudures*, le travail de soudure se fera toujours par couches successives de 6 à 8 millimètres d'épaisseur; la surface de chaque couche du métal d'apport étant rafraîchie au burin pour enlever toute trace de scorie provenant de l'enrobage des électrodes afin d'arriver à un métal sain.

On peut, une fois la soudure terminée, buriner la surface du métal d'apport et la marteler proprement au matoir à grains, principalement quand les soudures doivent être bien étanches.

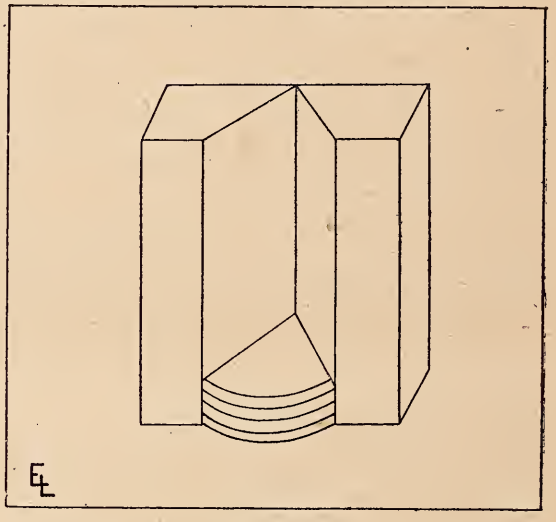


Fig. 10.

Soudure verticale. — Pour amorcer cette soudure, on commence par la partie inférieure du chanfrein et l'on opère par couches successives comme l'indique la fig. 10. Ces différents apports de métal auront de 10 à 15 millimètres de hauteur au plus. Ils seront de même martelés et nettoyés.

Dans une soudure verticale de quelque importance, l'apport de métal initial peut de faire suivant une ligne schématique (fig. 11) épousant l'angle du chanfrein.

On termine par un burinage de la soudure et par son martelage au matoir à grains.

Soudures au-dessus de la tête de l'ouvrier. — Ces sortes de soudures sont identiques et s'exécutent comme celles qui précèdent, mais seul l'emploi du *courant continu* permet de bien les réussir. On relie le pôle positif de la génératrice à la pièce à traiter et le pôle négatif à l'électrode enrobée. Toutefois, à ouverture de chanfrein égale, ce genre

de soudure au-dessus de la tête, exige plus de temps et d'électrodes, car l'ouvrier travaille dans une position incommode et le martelage principalement est bien moins facile.

Fig. 11.

Influence de la nature du courant. — Pour les travaux ordinaires, on peut employer indifféremment le courant continu ou l'alternatif; en effet, en soudure électrique, la fusion du métal produite par l'énorme chaleur de l'arc est la base du traitement et le transport des molécules métalliques d'un pôle à l'autre n'intervient que faiblement.

Mais, dans le cas spécial de la soudure au-dessus de la tête de l'ouvrier, la nature du courant a une importance particulière, car la question la plus importante dans certaines applications est celle de la température, d'où apparaît de suite la supériorité du *courant continu*. Nous avons vu que le pôle négatif a une température très inférieure à celle du pôle positif, et c'est cette différence de température qui explique parfaitement l'emploi du pôle négatif à l'électrode pour travailler au-dessus de

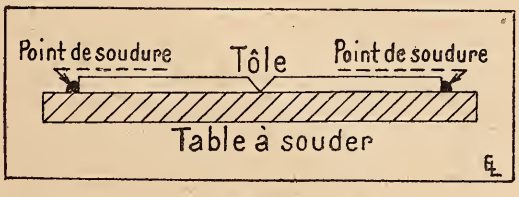


Fig. 12.

la tête de l'opérateur. En effet, le métal fondu au pôle positif serait trop fluide et retomberait, en grande partie, en goutelettes autour de l'ouvrier, tandis qu'avec le pôle négatif on obtient la température juste et suffisante pour obtenir l'adhérence du métal d'apport sans pertes inutiles par suite d'une trop grande chaleur. Il y a encore un autre facteur qui intervient dans ce cas particulier; la nature de l'enrobage de l'électrode joue un rôle important qu'on ne peut négliger sans inconvénients.

Si l'on doit faire un apport de métal horizontalement sur une pièce massive, il est nécessaire de prendre au contraire le pôle positif à l'électrode. Avec l'emploi du pôle négatif, la chaleur insuffisante dégagée à l'électrode pourrait amener le collage de l'électrode au lieu de la soudue en vue. Pour le courant alternatif, il est évident qu'il est impossible de modifier la température de l'arc qui reste toujours constante, les deux pôles s'alternant avec la rapidité de la fréquence.

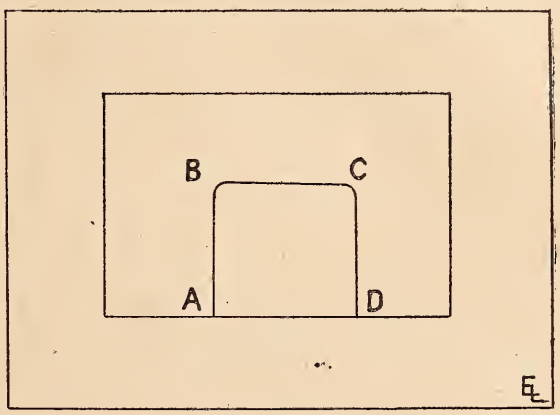


Fig. 13.

Soudures des tôles d'acier. — Les parties à souder sont chanfreinées; le chanfrein aura un angle de 70 à 90° suivant l'épaisseur des tôles; les tôles les plus minces ayant l'angle de chanfrein maximum. On place ensuite ces tôles bord à bord sur la table à souder (fig. 12); on doit aussi assurer le contact électrique de chaque tôle par un point de soudure avec la dite table servant au retour du courant. Les deux points de soudure préalables permettront en outre de buriner et de marteler facilement la surface du chaque apport de métal de l'électrode.

On doit toujours disposer de deux tôles de façon que les bords des chanfreins se touchent aussi exactement que possible; tout en tenant compte dans certains cas, des dilatations probables du métal au cours du travail. Avec la soudure électrique, ces dilatations sont toutefois très faibles et beaucoup moins importantes qu'avec la soudure au chalumeau. Si la soudure doit s'exécuter suivant une ligne ABCD, (fig. 13), semi-rectangle, par exemple, on laissera 1 ou 2 millimètres de jeu aux chanfreins, pour éviter le chevauchement des tôles l'une sur l'autre qui prendraient alors la forme de la fig. 14 pendant la soudure.

Si une préparation défectueuse des tôles laissait entre elles une trop grande distance, il faudrait pour y remédier mettre en dessous une petite plaque

de tôle complémentaire, comme l'indique la fig. 14-B avant de commencer le travail. *En règle générale*, les soudures doivent être faites de chaque côté de la tôle et dans le cas d'un chanfrein simple, il y a toujours lieu de faire une reprise (fig. C).

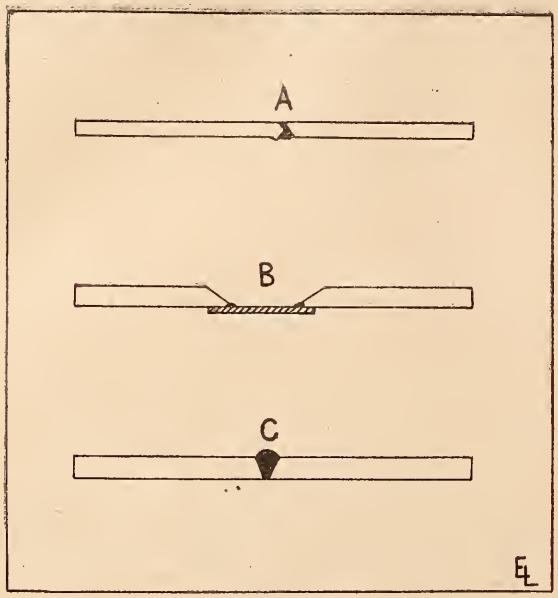


Fig. 14.

Soudures des tôles de grande longueur. — Dans ce dernier cas, il sera nécessaire de faire le *pointage des tôles* à souder, consistant dans l'assemblage des bords à réunir par points de soudure, plus ou moins rapprochés suivant la longueur et l'épaisseur des tôles. On emploie le métal d'apport pour obtenir des points solides. Les points de soudure pourront être distants d'environ 20 centimètres avec de longues tôles. Mais ces points ou *rivets de soudure* devront être repris au fur et à mesure de l'avancement du travail; ils ne constituent pas une réelle liaison des tôles, car le pointage s'est fait sans avoir la température de 150 à 200° indispensable pour éviter le collage (fig. 15).

Prix de revient des soudures de tôles (d'après la Soudure autogène Française S. A. F.). — Pour la soudure des tôles, on emploie généralement des électrodes de 5 millimètres de diamètre et de 0,35 centimètres de longueur; ce qui est une longueur pratiquée pour le travail et sans changements trop fréquents de baguettes.

La partie non enrobée, pour faciliter le passage du courant, ayant environ 0 m. 05 centimètres, il reste 0 m. 30 centimètres de longueur utile et correspondant à un apport de métal de 5 centimètres cubes.

Un ouvrier moyen peut fondre de 18 à 25 électrodes à l'heure et une électrode absorbe pour sa fusion 0, 4 *kilowatt* dans une installation à 110 volts où le voltage est ramené à la valeur convenable par une résistance.

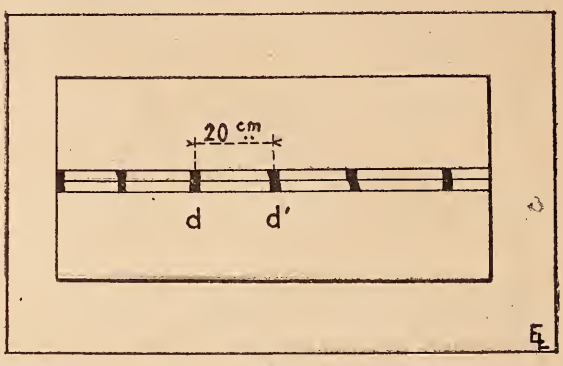


Fig. 15.

Prix.

Soit
- n le nombre d'électrodes fondues à l'heure.
- p le prix d'une électrode.
- K le prix du kilowatt de courant.
- S le salaire horaire du soudeur.

Le prix de revient X du centimètre cube de métal d'apport sera donné par la formule empirique suivante :

$$X^{cm^3} = n \frac{(p + 0{,}4\,K) + S}{5\,n}$$

à l'heure.

En chiffrant cette formule, on devra lui ajouter la valeur des frais généraux et de l'amortissement de l'installation qui varient suivant l'outillage employé par chaque industriel.

Nous donnons d'après la Société de la Soudure autogène Française, le tableau du temps nécessaire à l'exécution des soudures des tôles de 6 à 25 millimètres d'épaisseur et le nombre d'électrode correspondant, le volume de chanfrein étant abondé de 20 0/0 pour les surépaisseurs de métal d'apport à la bonne exécution de la soudure. (*Voir p.* 493.)

Usage de la soudure à l'arc dans les fonderies d'acier. — La fabrication des pièces en acier moulé laisse souvent dans le métal des trous, des *soufflures* qu'il faut faire disparaître pour la réception des pièces.

Ces soufflures ont d'abord été bouchées, soit par le procédé Bénardos, soit par celui de Slavanioff; mais toujours avec leurs inconvénients : brûlure, carburation et oxydation du métal d'apport et différence de teinte des parties usinées révélant la réparation.

TABLEAU (S. A. F.)

(du nombre d'électrodes et du temps nécessaire pour souder 1 mètre de tôle de 6 à 25 millimètres d'épaisseur).

Epaisseur des tôles en millimètres.	Nombre de cm³ du chaufrein	Nombre d'électrodes.	Temps en heures.
			h. m.
6	34	7	0 21
7	48	10	0 30
8	61	12	0 36
9	75	15	0 45
10	90	18	0 54
11	106	21	1 03
12	122	24	1 12
13	140	28	1 24
14	158	32	1 36
15	178	36	1 54
16	200	40	2 00
17	224	45	2 15
18	248	50	2 30
19	274	55	2 45
20	300	60	3 00
21	327	65	3 15
22	356	71	3 33
23	387	77	3 51
24	418	83	4 12
25	450	90	4 30

Le procédé moderne de Kjellberg permet la remise en état des pièces loupées à la coulée tout en leur restituant les qualités de métal neuf.

Les précautions de martelage et de nettoyage de la surface de métal rapporté sont les mêmes que pour la tôle et les pièces de forte masse. Il faut avoir soin d'enlever le sable de fonderie pouvant adhérer dans les soufflures. Le métal d'apport (acier doux très pur) se travaille aisément et se trouve, avec un enrobage approprié, avoir les propriétés mécaniques du métal même de la pièce à boucher.

Suivant l'épaisseur de la pièce à traiter, on sera conduit à l'emploi d'électrodes de diamètre variable, la seule limite étant imposée par la puissance électrique à sa disposition.

La formule précédente pour le prix du métal d'apport (du cm³) s'applique encore et permet donc de voir de suite si une pièce vaut ou non la peine d'être réparée, ce qui est très important pour les frais d'exploitation.

Soudures pour les travaux en série. — On se trouve très souvent en présence de pièces à souder d'épaisseur différentes; l'emploi de la soudure, électrique par électrodes de diamètre différent, permet de les traiter rationnellement avec la meilleure vitesse possible de travail.

Citons comme exemple pratique la soudure d'une tôle de 2 millimètres sur une autre tôle ayant une épaisseur de 6 millimètres (fig. 16). On a pu réaliser en se servant de la main-d'œuvre féminine, fort habile du reste pour ce genre de travail, des vitesses de soudure de 6 à 9 mètres à l'heure, suivant l'habileté des ouvrières. Cette grande rapidité de travail, dans ce cas, est due principalement au mode même d'action de la soudure à l'arc. En effet, dès que l'arc jaillit, il y a apport de métal, on n'a donc plus à faire ces réchauffements préalables de la pièce la plus épaisse qu'exige le chalumeau (afin d'éviter de brûler la tôle la plus mince); on gagne donc ce

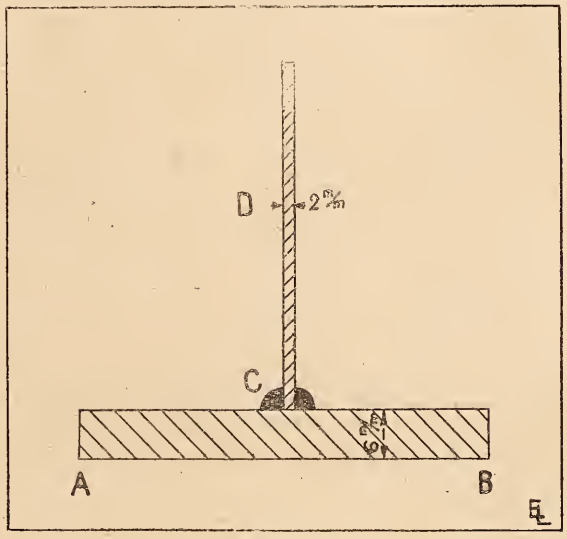


Fig. 16.

temps de réchauffage; et comme il ne s'agit plus là de soudure devant avoir une grande résistance, on gagne aussi le temps du martelage qu'on supprime.

Il faut tenir la baguette électrode comme indiqué précédemment afin que le débit du courant reste constant pour obtenir une fusion régulière du métal et un bel aspect de la soudure. Il faut surveiller particulièrement le *réglage de l'arc*; si le voltage est trop bas, l'arc peut produire le collage du métal d'apport; si le voltage est trop élevé, il peut y avoir projections de gouttelettes métalliques en général nuisibles. Toute augmentation de tension correspond à une augmentation analogue au débit, d'où une dépense supplémentaire inutile de courant. Enfin, on est obligé de nettoyer les soudures au burin pour enlever les projections de métal avoisinantes.

Ch. Andry-Bourgeois.
Ingénieur des Mines et E. S. E.

(*à suivre*)

CHRONIQUE — ANALYSES et COMPTES-RENDUS

Eclatement d'un moteur triphasé synchrone.

Nous extrayons du Bulletin de la Société Belge des Electriciens *la communication suivante qui présente des remarques très intéressantes pour la pratique des groupes de survolteurs.*

Nous avons été amené à réparer, il y a quelque temps, un moteur triphasé asynchrone 50 HP, 500 volts, 50 périodes, 1.500 tours, dont les enroulements du rotor s'étaient ouverts sous l'effet de la force centrifuge et avaient arraché complètement les raccords des bobines du stator. La destruction avait été si complète que plus une connexion n'existait au stator ni au rotor.

Appelé sur les lieux de l'accident, nous trouvâmes la salle des machines remplie de déchets de cuivre et de coton, ce qui prouvait que le moteur avait été lancé à une vitesse considérable. Le personnel, interrogé, ne put nous fournir aucun renseignement.

Le moteur avarié actionnait deux survoltrices de feeder capables de supporter un courant de 600 ampères et de développer une tension de 25 volts Chacune de ces survoltrices était intercalée sur un extrême d'une distribution à courant continu à trois fils, 2 × 220 volts. L'accident s'était produit au moment où l'intensité du courant traversant les survoltrices était égale à 400 ampères environ. Le groupe n'avait pas été surchargé et aucune fausse manœuvre n'avait été faite. Les fusibles placés sur la ligne d'alimentation du moteur étaient fondus, ce qui semblait tout naturel à première vue.

Faute d'autre explication, l'accident fut attribué à la rupture d'une frette du rotor.

Le moteur fut remis en état par nos soins; nous veillâmes particulièrement à la consolidation du rotor. Pour plus de sûreté la machine fut essayé. à une vitesse supérieure à la normale. Le moteue s'était bien comporté et fut donc remis en servicer Quelques jours après, le même accident se produit et dans les mêmes conditions de charge du groupe. L'électricien de service ayant déconnecté rapidement les survolteurs, le moteur fut légèrement avarié et put être réparé facilement.

A la suite d'un examen minutieux de l'installation nous fûmes amené à mettre en doute la qualité des fusibles employés pour protéger le moteur triphasé. Il fut constaté, aux essais, qu'ils étaient trop faibles et fondaient pour un courant absorbé par le moteur correspondant aux trois quarts de sa charge maxima. Cela indiquait déjà pourquoi l'accident s'était produit deux fois de suite à cette allure du moteur. Il restait à expliquer l'arrachement des enroulements du rotor. Lors de la suppression du couple moteur, occasionnée par la fusion des plombs de la ligne d'alimentation du moteur asynchronc, le groupe survolteur est sollicité uniquement par le couple antagoniste dû au travail des survoltrices. Par conséquent, le groupe s'arrête, puis démarre en sens inverse, le couple dû aux survoltrices jouant alors le rôle de couple moteur.

Celles-ci se comportent alors comme des moteurs à courant continu. Or, ces derniers atteignent leur vitesse de régime lorsque la puissance qu'ils absorbent est égale à la puissance utile représentée, dans le cas présent, par l'ensemble des pertes dues aux frottements, à l'hystérèse et aux courants de Foucault. Dans ces conditions, la force électromotrice induite dans le rotor est égale à la tension appliquée aux bornes de la ligne diminuée de la chute de tension due à la résistance de celle-ci et de l'induit. Le courant absorbé par le moteur étant relativement faible, la chute de tension ohmique est minime et la force électromotrice de l'induit tend donc à devenir sensiblement égalc à la tension appliquée à ses bornes.

Dans le cas présent, les survoltrices sont excitées indépendamment. Comme elles sont branchées chacune sur un pont de la distribution à trois fils 2 × 220 volts, et qu'à leur vitesse de régime ou 1.500 tours elles développent une force électromotrice de 25 volts, pour pouvoir atteindre une force électromotrice égale à 220 volts, elles devront tourner à une vitesse limite x telle que

$$\frac{x}{220} = \frac{1500}{25}$$

ou

$$x = \frac{1.500}{25} \times 220 = 13.200 \text{ tours par minute.}$$

La tendance à l'emballement était donc manifeste

et aucune machine n'eût été capable de résister aux efforts centrifuges correspondant à une telle vitesse.

Notre démonstration théorique ne paraissant pas suffisante à certains, nous en fîmes la preuve expérimentale.

Nous choisîmes un moment de la journée où le débit des feeders à survolter atteignait 200 ampères environ. Dans ces conditions les survolteurs ne sont pas utilisés.

Ayant inséré leurs induits en série avec les feders, nous avons lancé graduellement le courant dans leurs inducteurs jusqu'au moment où les machines se mirent en marche sans le secours du moteur asynchrone.

Ainsi que nous l'avions prévu, le groupe se mit à tourner en sens inverse de son sens de rotation normal. Puis, augmentant le courant d'excitation des survoltrices, et par suite le couple moteur, le groupe prit de la vitesse. Il atteignit sa vitesse normale de marche pour la dépasser bientôt. L'essai fut arrêté lorsque le groupe tournait à raison de 3.000 tours par minute, en supprimant l'excitation des survolteurs.

La cause du dérangement étant nettement établie, nous avons proposé, pour y parer, dans la suite, la combinaison suivante :

Le groupe étant exposé à s'emballer par suite d'une interruption du courant absorbé par le moteur et pouvant être arrêté par la suppression du courant d'excitation des survoltrices, nous avons intercalé dans leur circuit d'excitation un interrupteur actionné par un relais à minimum de tension branché aux bornes du moteur triphasé.

En cas d'interruption du courant qui l'alimente, le relais à tension nulle fonctionne et ouvre le circuit de l'excitation. Lorsque le courant triphasé est rétabli, il ferme à nouveau le circuit des inducteurs. Pour assurer le bon fonctionnement du dispositif, il a fallu prévoir deux relais à minimum de tension, intercalés l'un entre les phases 1 et 2, l'autre entre les phases 2 et 3 du moteur. De cette façon la fusion d'un seul fusible dans la ligne triphasée amène nécessairement l'arrêt du groupe.

Ce genre d'accident étant assez peu fréquent nous avons cru intéressant de le signaler.

G. Jochmans (1).

La recherche électrique des minerais métalliques.

On a obtenu ces deux dernières années en Suède et en Finlande des résultats si encourageants pour la recherche des minerais métalliques à l'aide d'un système électrique, que la Commission géologique a mis à la disposition du gouvernement suédois, pour l'exécution de ses recherches, un géologue spécialisé dans l'application du système. Celui-ci consiste à introduire dans le sol, des électrodes à distance convenable reliées à une source de courant. Au moyen de deux électrodes de recherche reliées à un téléphone on relève les courbes du champ et on les représente dans un système de coordonnées. L'allure des lignes du champ indique s'il existe des minerais métalliques et où. Dans les années 1918-19 on a fait en Suède et en Finlande trente et une recherches sur une étendue de 400 hectares ; quinze d'entre elles révélèrent la présence de gisements métalliques. Des recherches plus détaillées furent entreprises pour dix de ces gisements ; elles confirmèrent l'existence de minerais de cuivre, de zinc, de plomb, d'or, de pyrites de fer... d'une étendue suffisante pour assurer un bon rendement d'exploitation. Le premier gisement déterminé avec le nouveau système a une épaisseur de 1 mètre et contient 18 0/0 de plomb et 28 0/0 de zinc. Le plus important gisement découvert jusqu'à présent est celui de Vasterbotten qui contient des pyrites de fer et de cuivre.

D'après *E. T. Z.* M. G.

DÉTERMINATION DU CALIBRE DES FUSIBLES pour les redresseurs à vapeur de mercure.

Par suite de la valeur élevée du courant de démarrage nécessité par ces redresseurs, des difficultés sont souvent rencontrées pour déterminer la dimension correcte des fusibles à employer. Si l'estimation est trop forte, le tube ne sera pas suffisamment protégé contre les surcharges et sa durée sera considérablement réduite ; d'un autre côté, si l'estimation est trop faible, le fusible sautera facilement si le tube est froid et nécessite une plus grande quantité de courant.

L'auteur a trouvé que la valeur obtenue par l'emploi de la formule suivante assurera une protection convenable :

$$I = \frac{1{,}5 \times W}{E \times \% \times P.F}$$

où I est l'intensité en ampères du fusible, W la puissance en watts du courant continu donnée par le redresseur, % le rendement du redresseur, PF le facteur de puissance et E le voltage du courant alternatif.

Le rendement du redresseur varie ordinairement entre 0,40 et 0,50 et le facteur de puissance est d'environ 0,90 dans la majorité des cas. Lorsqu'une haute réactance est employée, le facteur de puissance peut cependant tomber à 0,75.

M. G.

D'après *Electrical World.*

(1) *Bull. Sté Belge Elect.* août 1920

UN NOUVEAU RELAIS AMPLIFICATEUR

On peut influencer fortement une décharge produite dans un récipient à vide élevé, entre une électrode chauffée à blanc et une électrode froide, par l'introduction d'un écran à potentiel variable entre ces deux électrodes. La figure 1 représente un dispositif très souvent utilisé pendant la guerre comme amplificateur de courant (plyotron). La cathode incandescente *c* est placée en face d'une anode fixe *a* en molybdène ; entre les deux se trouve une grille *g* à treillis fin, également en molybdène. La variation

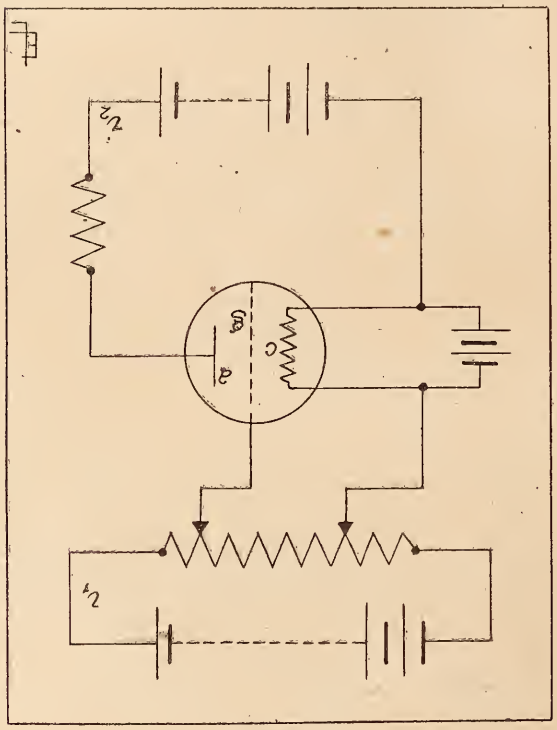


Fig. 1.

de potentiel, entre *g* et *c*, correspond à une grande variation de courant dans le circuit i_2. Ce procédé peut être employé, par exemple, pour renforcer les courants téléphoniques, donc pour augmenter la portée et la netteté de sons très faibles.

La *Revue BBC* de novembre 1919 indique encore un autre schéma de couplage basé sur le même principe (fig. 2). L'ampoule de verre est remplacée par un récipient métallique, avec cathode de mercure 4 et anode en fer 1 entourée d'un écran 3. La cathode de mercure peut être maintenue en état d'activité permanente à l'aide d'une électrode d'excitation spéciale 2. Dans le cas d'un potentiel neutre de l'écran, le courant pourra donc passer de l'anode à la cathode. Avec un courant alternatif, les demi-ondes positives passeront seules. Si l'on établit entre l'anode et la cathode un circuit comprenant une résistance R, tout passage de courant cessera instantanément. L'expérience montre que le courant pulsatoire i_1, avant la fermeture de l'interrupteur S, peut avoir une valeur quelconque. De plus, *R* peut prendre des valeurs très grandes, 1 mégohm et davantage, sans provoquer le déclenchement. Il en résulte la possibilité de commander, à l'aide de courants extrêmement faibles, des courants de plusieurs centaines d'ampères.

Ce mode de couplage ne procure toute la sécurité de déclenchement désirable que lorsque le circuit des anodes est le siège d'un courant alternatif. Si on

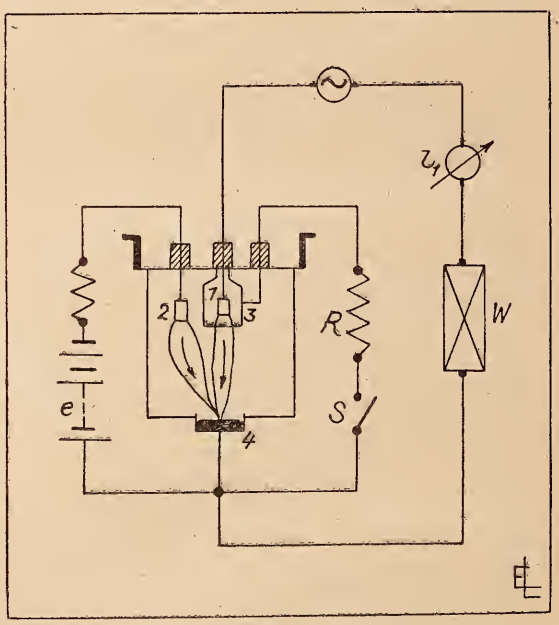


Fig. 2.

avait du courant continu, cette sécurité ne serait obtenue que dans des limites très restreintes. Des essais ont montré, en effet, qu'à partir d'une certaine valeur de l'intensité du champ, le courant à interrompre s'oppose au champ de charge de l'écran et finit par empêcher son action. La forme sinusoïdale du courant alternatif rend possible, au contraire, chaque fois que le courant s'annule, une prédominance du champ de l'écran. L. P.

CONCOURS INTERNATIONAL
DE
LA FONDATION GEORGE MONTEFIORE

RÈGLEMENT DU PRIX TRIENNAL

Article premier. — Un prix dont le montant est constitué par les intérêts accumulés d'un capital de 150.000 fr. de rente belge à 3 %, est décerné tous les trois ans, à la suite d'un concours international, au meilleur travail original présenté sur l'avancement scientifique et sur les progrès dans les applications techniques de l'électricité dans tous les domaines, à l'exclusion des ouvrages de vulgarisation ou de simple compilation.

Article II. — Le prix porte le nom de *Fondation George Montefiore.*

Article III. — Sont seuls admis au concours les travaux présentés pendant les trois années qui précèdent la réunion du jury. Ils doivent être rédigés en français ou en anglais et peuvent être imprimés ou manuscrits. Toutefois, les manuscrits doivent être dactylographiés et, dans tous les cas, le jury peut en décider l'impression.

Article IV. — Le jury est formé de dix ingénieurs électriciens, dont cinq belges et cinq étrangers, sous la présidence du professeur-directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, lequel est de droit un des délégués belges.

Sauf les exceptions stipulées par le fondateur, ceux-ci ne peuvent être choisis en dehors des porteurs du diplôme de l'Institut électrotechnique Montefiore.

Article V. — Par un majorité de quatre cinquièmes dans chacune des deux sections, étrangers et nationaux (lesquels doivent, à cet effet, voter séparément), le prix peut être exceptionnellement divisé.

A la même majorité, le jury peut accorder un tiers du disponible, au maximum, pour une découverte capitale, à une personne n'ayant pas pris part au concours ou à un travail qui, sans rentrer complètement dans le programme, montre une idée neuve pouvant avoir des développements importants dans le domaine de l'électricité.

Article VI. — Dans le cas où le prix n'est pas attribué ou si le jury n'attribue qu'un prix partiel, toute la somme rendue aussi disponible est ajoutée au prix de la période triennale suivante.

Article VIII. — Les travaux dactylographiés peuvent être signés ou anonymes. Est réputé anonyme tout travail qui n'est pas revêtu de la signature lisible et de l'adresse complète de l'auteur.

Les travaux anonymes doivent porter une devise, répétée à l'extérieur d'un pli cacheté joint à l'envoi; à l'intérieur de ce pli, le nom, le prénom, la signature et le domicile de l'auteur seront écrits lisiblement.

Article VIII. — Tous les travaux, qu'ils soient imprimés ou dactylographiés, sont à produire en douze exemplaires; ils doivent être adressés franco à M. le secrétaire-archiviste de la *Fondation George Montefiore*, à l'hôtel de l'Association, rue Saint-Gilles, 31, Liége (Belgique).

Le secrétaire-archiviste accuse réception des envois aux auteurs ou expéditeurs qui se font connaître.

Article IX. — Les travaux, dont le jury a décidé l'impression, sont publiés au *Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore.* De cette publication ne résulte pour les auteurs ni charge de frais, ni ouverture à leur profit de droits quelconques. Il leur est néanmoins attribué, à titre gracieux, vingt-cinq tirés à part.

Pour cette publication, les textes anglais peuvent être traduits en français par les soins de l'Association.

Concours de 1917 *reporté exceptionnellement* à 1921.

Le montant du prix à décerner est de vingt mille francs.

La date extrême pour la réception des travaux à soumettre au jury est fixée au 30 avril 1921.

Les travaux présentés porteront en tête du texte et d'une manière bien apparente, la mention : « Travail soumis au concours de la Fondation George Montefiore, session de 1917 (1921) ».

Pour le Conseil d'Administration de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montéfiore :

Le Président, **Omer DE BAST.**

Le Secrétaire Général, **L. CALMEAU.**

Nos enquêtes.

DOIT-ON FAIRE DU CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE?

*Cette question pourrait sembler bizarre à certains de nos lecteurs, et l'*Electricien *est trop soucieux du développement de l'industrie électrique et de la diffusion de l'électricité pour la poser sous cette forme, si elle n'avait pas été au préalable, soutevée d'une façon quasi officielle.*

Une brochure distribuée par la préfecture de la Seine avec la carte de charbon 1920-1921 *dénonce le radiateur électrique comme un chauffage de riches, un vrai gaspillage de charbon. Il est vrai qu'une « Note relative au chauffage électrique » parue dans l'*Organe de l'Union des Syndicats de l'Electricité (1), *autoriserait pleinement cette accusation.*

*Nous pensons qu'il reste beaucoup à dire à ce sujet, et nous demandons à nos lecteurs de contribuer à l'enquête, que nous ouvrons sur ce sujet, en adressant leurs avis à la Rédaction de l'*Electricien.

NÉCROLOGIE

Nous avons appris, avec un profond regret la mort de M. Louis Ancel, ingénieur des Arts et Manufactures, le savant constructeur-électricien bien connu.

M. Ancel avait bien voulu accepter, en raison de l'estime en laquelle il tenait notre Revue, de faire partie du Comité de Rédaction de l'*Electricien*, malgré ses occupations multiples et absorbantes. Son nom restera attaché à de nombreuses créations de ses laboratoires, à des travaux considérables sur la spectroscopie, la télémécanique, le sélénium, l'électricité médicale et à de nombreux appareils qui font le plus grand honneur à la science française.

(1) *R. G. E.*, 11 septembre 1920.

LÉGISLATION

DÉCRET

Approuvant le cahier des charges-type, dressé en exécution de l'article 28 de la loi du 16 octobre 1919, pour les concessions de forces hydrauliques sur les cours d'eau et les lacs.

(*Suite*)

CHAPITRE V

RÉSERVES EN EAU ET EN FORCE.

Art. 21. — *Réserves en eau.* — Les réserves en eau que le concessionnaire mettra à la disposition des services publics de l'Etat, des départements, des communes, des établissements publics ou des associations syndicales autorisées et des groupements agricoles d'utilité générale qui seront spécifiés par un règlement d'administration publique seront fournies dans les conditions suivantes (1) :

Art. 22. — *Réserves en force au profit des services publics.* — La puissance totale instantanée que le concessionnaire mettra aux bornes de l'usine, à la disposition des services publics de l'Etat, des départements, des communes, des établissements publics ou des associations syndicales autorisées et des groupements agricoles d'utilité générale qui seront spécifiés dans un règlement d'administration publique sera, au maximum de (2).

Pendant les deux premières années, à compter de l'achèvement des travaux, les demandes des services publics ou des associations susvisées devront être satisfaites par le concessionnaire 15 jours après qu'elles auront été notifiées par le ministre des travaux publics.

Passé ce délai, et jusqu'à l'expiration de la dixième année, à compter de l'achèvement des travaux, le concessionnaire ne sera tenu de satisfaire à la réquisition qu'après un préavis de six mois.

Au delà de la dixième année, et jusqu'à l'expiration de la concession, le préavis sera de douze mois.

Toute réquisition du ministre des travaux publics faite par application du présent article pendant les cinq premières années, à compter de l'achèvement des travaux, devra être accueillie par le concessionnaire dans les limites indiquées ci-dessus quelle que soit la puissance déjà vendue ou employée par lui.

Dans le cas où la puissance réservée ne serait pas utilisée en totalité à l'expiration de la cinquième année, le pouvoir de réquisition du ministre ne pourra porter, dans les conditions indiquées ci-dessus, que sur les quantités ci-après :

Entre la cinquième et la dixième année, sur la moitié de la puissance réservée non utilisée à la fin de la cinquième année ;

Entre la dixième et la quinzième année sur le tiers de la puissance réservée non utilisée à la fin de la dixième année :

A partir de la quinzième année, sur le quart de la puissance réservée non utilisée à la fin de la quinzième année.

Toutefois, cette quantité ne pourra descendre au-dessous de.....

En outre, en toute époque, les demandes formées par les services publics ou associations susvisées seront accueillies par préférence à toutes autres demandes, mais seulement dans les limites de la puissance qui n'aurait pas encore fait l'objet d'un contrat ou d'une affectation notifiée au service du contrôle, comme il est dit aux deux derniers alinéas du présent article.

Pour permettre au service du contrôle de se rendre compte des disponibilités de puissance de l'usine, le concessionnaire devra remettre à la fin de chaque trimestre à l'ingénieur du contrôle la liste des contrats par lui consentis ainsi que la puissance à réserver pour leur exécution aux divers états du cours d'eau.

Le concessionnaire devra d'ailleurs prévenir l'ingénieur du contrôle un mois d'avance toutes les fois qu'il voudra affecter une partie de l'energie à alimenter des distributions d'energie ou toutes autres entreprises qu'il exploiterait directement (3).

Art. 23. — *Accords intervenus* (4).

Ces accords devront être exécutés par le concessionnaire sans qu'il y ait lieu à revision à moins d'entente nouvelle entre les parties contractantes.

Art. 24. — *Réserves d'énergie à laisser dans les départements riverains.* — La puissance instantanée à laisser dans les départements riverains pour être rétrocédée par les soins du conseil général aux consommateurs locaux, conformément à l'article 10 (7°) de la loi du 16 octobre 1919, ne pourra dépasser dans chacun des départements les quantités ci-après (5) :

Conformément aux dispositions de l'article 10 (7°) de la loi du 16 octobre, la totalité de ces dernières réserves, jointes à celles prévues à l'article 22 ci-dessus, ne pourra priver l'usine de plus du quart de l'énergie dont elle dispose aux divers états du cours d'eau.

L'énergie réservée sera tenue à la disposition du conseil général dans chaque état du cours d'eau pendant (6)..... ans à compter de la date fixée pour l'achèvement des travaux, sans préavis, pendant les six premiers mois et moyennant un préavis d'un an au-delà de cette période de six mois, et jusqu'à l'expiration de la..... année.

A la fin de la..... année, le concessionnaire reprendra sa liberté pour les quantités non utilisées à l'exception toutefois d'une fraction égale à (7) kilowatts qui restera à toute époque et moyennant un préavis d'un an à la disposition du département.

---

(1) Indiquer ici les réserves en eau et les conditions de leur livraison. Spécifier s'il y a lieu, les travaux qui conformément aux dispositions de l'article 10 (6°) de la loi du 16 octobre 1919 seraient imposés au concessionnaire pour l'utilisation de ces réserves.

(2) Cette puissance peut être évaluée soit en un nombre concret de kilowatts, nombre qui pourra d'ailleurs varier suivant les époques de l'année, soit en % de la puissance disponible aux divers états du cours d'eau.

Dans le calcul de la puissance, on tiendra compte, s'il y a lieu, de l'énergie qui sera livrée sous forme d'eau, à prendre dans le remous du barrage ou dans le canal d'amenée.

Il est rappelé que, conformément aux dispositions de l'article 10 (7°) de la loi du 16 octobre 1919, ces réserves jointes à celles de l'article 24, ne pourront priver l'usine de plus du quart de l'énergie dont elle dispose aux divers états du cours d'eau.

(3) Indiquer s'il y a lieu les travaux qui, conformément aux dispositions de l'article 10 (6°) de la loi du 6 octobre 1919 seraient imposés au concessionnaire pour l'utilisation de ces réserves.

(4) On enregistrera ici les accords qui seraient intervenus entre le concessionnaire et les collectivités visées à l'article 22 ou, dans le cas où l'acte de concession par application de l'article 6 de la loi accorde une réparation en nature pour le payement des droits exercés ou non, les accords intervenus entre le concessionnaire et les intéressés.

(5) Cette puissance peut être évaluée soit en un nombre concret de kilowatts, nombre qui pourra d'ailleurs varier suivant les époques de l'année, soit en % de la puissance disponible aux divers états du cours d'eau.

(6) Au maximum cinq ans.

(7) En général 5 %.

Art. 25. — *Tarifs applicables aux services publics* (1). — Les services publics de l'Etat, des départements, des communes, des établissements publics, les associations syndicales bénéficieront d'une réduction de..... p. % sur les tarifs maxima prévus à l'article 19 ci-dessus.

Les groupements agricoles visés à l'article 22 bénéficieront d'une réduction ce ..... %.

Tarifs spéciaux (2).....

Les réductions de tarifs et tarifs spéciaux ne seront applicables que dans la limite du maximum de puissance fixé au 1er alinéa de l'article 22.

Art. 26. — *Tarifs applicables aux réserves d'énergie à laisser dans les départements riverains.* — Les livraisons prévues à l'article 24 seront faites dans les conditions suivantes (3) :

CHAPITRE VI

SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION.

Art. 27. — *Branchements et canalisations.* — Toutes les canalisations et branchements à établir à partir du tableau principal de distribution de l'usine ou du poste de transformation en vue de desservir les consommateurs, seront à la charge de ceux-ci et devront être entretenus en parfait état par leurs soins et à leurs frais. Toutefois, le concessionnaire pourra exiger que les canalisations et branchements à établir dans l'intérieur de l'usine et de ses dépendances soient exécutés et entretenus par ses soins; dans ce cas, les frais d'installation et d'entretien lui seront remboursés par les acheteurs.

Art. 28. — *Surveillance des installations des acheteurs.* — Le courant ne sera livré aux consommateurs que s'ils se conforment, pour leurs installations, aux mesures qui leur seront imposées par le concessionnaire, avec l'approbation de l'ingénieur en chef chargé du contrôle des distributions d'énergie électrique, en vue, soit de prévenir les troubles dans l'exploitation notamment les défauts d'isolement et la mise en marche ou l'arrêt brusque des moteurs électriques, soit d'empêcher l'usage illicite du courant.

Le concessionnaire aura le droit, à cet effet, de vérifier à toute époque les installations de chaque acheteur. Si les installations sont reconnues défectueuses, il pourra se refuser à continuer la fourniture du courant. En cas de désaccord sur les mesures à prendre en vue de faire disparaître toute cause de danger et de trouble dans le fonctionnement général de l'usine, il sera statué, par l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique, sauf recours au ministre des travaux publics, qui décidera après avis du comité d'électricité.

(1) Dans le cas où le chapitre IV aurait été supprimé, les tarifs applicables au services publics seront explicitement chiffrés.

(2) Dans le cas où, lors de la préparation du cahier des charges, certaines utilisations sont envisagées qui peuvent s'accommoder d'un régime spécial, on prévoiera, soit des réductions spéciales sur le tarif maximum, soit des tarifs spéciaux pour la vente de l'énergie à des services publics ou des associations de groupements agricoles, dans des conditions spéciales d'utilisation.

(3) Dans le cas où, sur la demande du concessionnaire, le chapitre IV aurait été supprime, ces tarifs seront explicitement chiffrés.

Indiquer ici soit les réductions sur les tarifs maxima prévus à l'article 19 (et da ns le cas où le chapitre IV aurait été supprimé, chiffrés explicitement ces tarifs), soit les tarifs spéciaux applicables à ces réserves.

Les prix de vente établis suivant l'un ou l'autre mode ne devront pas être inférieurs aux prix de revient.

En aucun cas, le concessionnaire n'encourra de responsabilité à raison de défectuosités des installations qui ne seraient pas de son fait.

Art. 29. — *Conditions spéciales du service.* — L'énergie électrique devra être livrée aux bornes des génératrices, de manière à mettre tout consommateur en mesure de disposer à son gré, de la quantité à laquelle il a droit, suivant les conditions de son contrat.

Le concessionnaire aura le droit de suspendre la fourniture du courant pendant (4)..... jours par an ; les arrêts auront lieu de préférence les dimanches et les jours fériés : ils seront fixés d'accord avec l'ingénieur en chef du contrôle et portés à la connaissance du public, autant que possible, un mois à l'avance.

Dans le cas où le concessionnaire alimenterait des services publics de transports, chemins de fer ou tramways, il devra prendre, à ses frais, toutes dispositions en son pouvoir pour que, pendant ces suspensions, ces services publics continuent à fonctionner.

D'autres arrêts ne pourront avoir lieu sans autorisation écrite de l'ingénieur en chef du contrôle à moins de cas de force majeure dûment constatée.

En cas de chômage résultant d'un cas de force majeure, le concessionnaire devra immédiatement en aviser l'ingénieur en chef du contrôle.

Les chômages résultant d'un cas de force majeure ou nécessitant l'approbation de l'ingénieur en chef du contrôle et ceux imposés au concessionnaire par l'administration en vue de la réparation ou de l'entretien, ne pourront donner lieu, de la part des abonnés, à aucune demande d'indemnité, si ce n'est une réduction proportionnelle des sommes dues au concessionnaire pour des achats d'énergie à forfait.

Quant aux..... jours de chômage laissés à la disposition du concessionnaire, ils ne pourront donner lieu à aucune demande d'indemnité, ni réduction de tarifs.

Art. 30. — La dérivation à l'étranger de l'énergie électrique produite par le concessionnaire est interdite, sauf autorisation spéciale accordée dans les conditions prévues par l'article 27 de la loi du 16 octobre 1919.

CHAPITRE VII

DURÉE DE LA CONCESSION, EXPIRATION, RACHAT ET DÉCHÉANCE.

Art. 31. — *Durée de la concession.* — La présente concession prendra fin le 31 décembre de la (5)..... année comptée à partir de la date fixée par le présent cahier des charges, pour l'achèvement des travaux.

Toutefois, si, par suite de retards d'exécution dûs à des causes exceptionnelles ayant le caractère de force majeure, l'achèvement des ouvrages ne pouvait avoir lieu dans les délais prévus au présent article, la concession pourrait être prolongée, s'il y a lieu, par décision du ministre des travaux publics sur la demande du concessionnaire ou d'une durée au plus égale à celle des retards dus à ces causes et régulièrement constatés.

Art. 32. — *Renouvellement de la concession.* — Avant le commencement de la onzième année précédant la fin de la concession, le concessionnaire devra demander au ministre, par lettre recommandée, si l'Etat entend user de son droit de reprendre la concession ; le ministre lui en accusera réception.

(4) En général vingt jours.

(5) Soixante-quinzième au maximum.

Avant le commencement de la dixième année précédant la fin de la concession, ou, en cas de retard du concessionnaire dans l'application du paragraphe précédent, dans le délai d'un an, à dater de la réception de la demande visée par ce paragraphe, le ministre notifiera au concessionnaire, sa décision, en la forme administrative, après avis du comité consultatif des forces hydrauliques. A moins de décision contraire, du ministre notifiée dans le délai imparti, la concession se trouvera de plein droit, prorogée aux conditions antérieurement prévues, mais pour une durée de trente ans seulement.

Si le concessionnaire n'a pas adressé de demande au ministre avant le commencement de la sisième année précédent la fin de la concession, celle-ci ne sera pas renouvelée et prendra fin au terme fixé par le présent cahier des charges.

Dans tous les cas, si le ministre entend procéder à une nouvelle concession, le concessionnaire actuel aura un droit de préférence s'il accepte les conditions du cahier des charges préparé pour la nouvelle concession.

Art. 33. — *Travaux exécutés pendant les dix dernières années.* — En cas de non-renouvellement de la présente concession, le concessionnaire ouvrira pendant les dix dernières années pour les travaux nécessaires à la bonne marche et au développement de la future exploitation un compte spécial où seront portées les dépenses relatives à ceux de ces travaux dont l'amortissement sera supporté par l'Etat dans les conditions déterminées ci-après.

Avant le 1er mai de chaque année, le concessionnaire soumettra à l'ingénieur en chef le projet, avec devis estimatif, de tous les travaux susvisés ayant pour objet d'augmenter la consistance ou la valeur des dépendances immobilières de la concession telles qu'elles sont définies à l'article 2, qu'il a l'intention d'effectuer au cours de l'année suivante, et dont il propose d'imputer les dépenses au compte spécial. L'ingénieur en chef aura toutefois la faculté de prolonger au delà du 1er mai le délai imparti au concessionnaire pour la présentation de ce projet de travaux.

L'ingénieur en chef examinera si les travaux projetés rentrent bien dans la catégorie de ceux qui sont visés à l'article 10 de la loi du 16 octobre 1919 (10°) et présentent pour l'exploitation future un intérêt suffisant.

S'il estime que ces conditions sont réalisées, il décidera quelles sont celles des dépenses qui seront portées au compte spécial.

Faute par l'ingénieur en chef d'avoir fait connaître sa décision dans un délai de trois mois après réception du projet présenté par le concessionnaire, l'admission des dépenses au compte spécial sera réputée agréée.

Avant le 1er avril de chaque année, le compte spécial de l'année précédente sera présenté à l'ingénieur en chef du contrôle qui aura tous pouvoirs pour vérifier l'exactitude des dépenses, s'assurer qu'elles se rapportent aux travaux admis à ce compte, et prescrire, s'il y a lieu, les rectifications nécessaires.

Les dépenses ainsi admises sont réputées inscrites au compte spécial à la date du 1er janvier de l'année qui suivra l'exécution des travaux et l'amortissement en sera effectué annuellement sur ce compte, en prenant pour base un taux uniforme et forfaitaire d'un quinzième de leur montant initial.

Quand la concession aura pris fin, le total des sommes non encore amorties en vertu de l'alinéa qui précède sera porté au débit de l'Etat pour règlement de compte prévu par l'article 37.

Si le solde de ce compte est en faveur du concessionnaire, les sommes dues par l'Etat au concessionnaire lui seront versées dans les douze mois qui suivront le terme de la concession. A partir du commencement du septième mois, ces sommes porteront intérêt au profit du concessionnaire d'après un taux déterminé comme il est dit à l'article ci-après.

Art. 34. — *Travaux exécutés pendant les cinq dernières années.* — A dater de la cinquième année précédant le terme de la concession, le concessionnaire sera tenu d'exécuter, aux frais de l'Etat, les travaux que l'ingénieur en chef du contrôle jugera nécessaires à la préparation et à l'aménagement de l'exploitation future.

A cet effet celui-ci remettra au concessionnaire avant le 1er mai de chaque année le programme des travaux qu'il sera tenu d'exécuter pour le compte de l'Etat dans le courant de l'année suivante.

Ces programmes seront conçus de manière à ne pas mettre le concessionnaire dans l'impossibilité de réaliser, pour chacune des cinq années de la dernière période, une production au moins égale à la moyenne des cinq années de la période quinquennale précédente, diminuée de... °/o.

Le concessionnaire devra communiquer à l'ingénieur en chef du contrôle les projets de marchés de fournitures et entreprises à passer pour ces travaux; ils ne seront conclus définitivement qu'après avoir été acceptés par l'ingénieur en chef.

Le concessionnaire demeurera responsable de l'exécution des travaux ainsi effectués pour le compte de l'Etat en tout ce qui concerne les lois et règlements sur l'utilisation des cours d'eau.

Art. 35. — *Calcul des dépenses afférentes aux travaux ci-dessus.* — Les prix adoptés, tant pour le calcul des dépenses à porter au compte spécial par application des dispositions de l'article 33 que pour le règlement des travaux exécutés pour le compte de l'Etat en conformité de l'article 34 seront pour la main-d'œuvre les prix appliqués par le concessionnaire dans les travaux effectués pour son propre compte pour les travaux à l'entreprise et pour les fournitures les sommes effectivement payées à l'entrepreneur ou au fournisseur.

Une juste ventilation sera faite pour toutes les dépenses d'établissement, d'exploitation et d'entretien qui seraient communes aux travaux du concessionnaire et aux travaux commandés par l'Etat.

Le coût des travaux ainsi déterminé sera majoré à forfait de ... % pour frais généraux et dépenses accessoires.

Art. 36. — *Mode de payement des travaux ci-dessus.* — Le relevé des dépenses effectuées chaque année par le concessionnaire pour le compte de l'Etat par application de l'article 34 sera présenté avant le 1er avril de l'année suivante.

Dans le mois qui suivra la présentation de ce compte, l'Etat versera un acompte égal aux neuf dixièmes du montant de la créance, il payera le solde dans le mois qui suivra l'arrêté définitif du compte.

Les avances que l'Etat pourra demander au concessionnaire de faire chaque année pour son compte en vue de l'exécution des travaux prévus à l'aricle 34 ne pourront, en aucun cas, dépasser... % du fonds de roulement moyen afférent aux cinq années de la période quinquennale précédente.

(à suivre.)

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

OUTIL ELECTRIQUE PORTATIF

C'est un ensemble portatif destiné à un mouvement de va et vient qui peut être communiqué à des outils tels que marteau, burin, etc.

Il est formé en principe d'une carcasse en fer *b* supportant la bobine fixe *a*. au centre est disposé le marteau en fer doux *c*, qui constitue le noyau de la bobine (fig. 1).

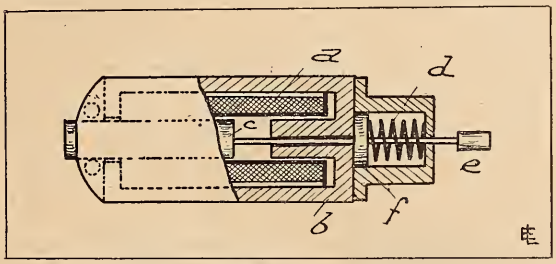


Fig. 1.

La longueur de course du marteau *c* est réglable en *f*. Il porte une tige *e* glissant librement dans la carcasse. Si la bobine est alimentée par un courant alternatif de période convenable, il se produira un mouvement de va et vient que pourra être communiqué à des outils fixés en *e*. (Br. Fr. 504.067 Société américaine Westinghouse.)

CONSTRUCTION DE NOYAUX MAGNÉTIQUES

Les carcasses de transformateurs sont formées de tôles assemblées en forme, de rectangles carrés, croix, etc.... et présentent de ce fait une perte de flux utile.

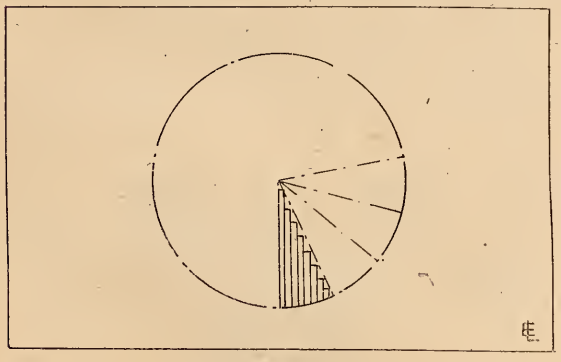


Fig 2.

Pour l'éviter, et obtenir un coefficient d'utilisation maximum de la surface disponible, on propose de monter les tôles comme l'indique la figure. (Br. Fr. 504.328. Société alsacienne de Contructions mécaniques.)

CONTROLE DE SOUS-STATION DEPUIS LA STATION CENTRALE

Le but de l'invention est de rendre la sous-station automatique dans les cas simples, par exemple mise en ou hors service d'une batterie tampon sans ligne spéciale (cas d'une sous-station de traction).

On emploie pour cela un interrupteur bipolaire automatiqué *l*, un relais spécial *hg* à deux armatures et un relais à maximum I (fig. 3)

Si le feeder *c* venant de la station centrale est mis sous tension (ou survolté), le courant en passant dans la bobine *f* ferme l'interrupteur *l*. Dans ces conditions, le feeder fournit du courant au trolley *b* et à la batterie tampon *e* (cette dernière recevra ou fournira du courant suivant les cas).

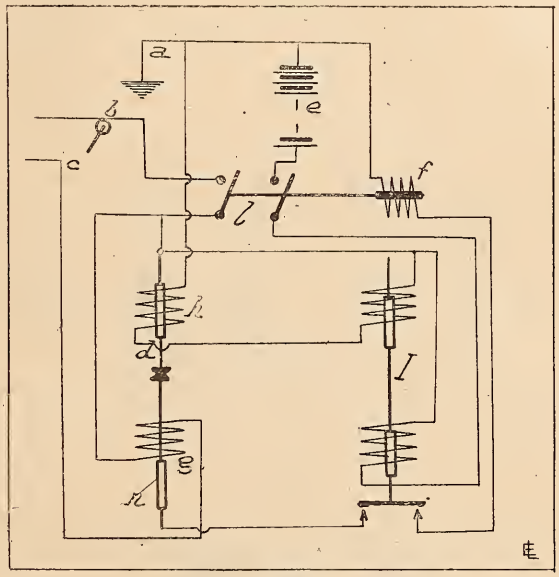


Fig. 3.

Le courant traverse aussi la bobine *g*, attirant ainsi l'armature *n*; celle-ci déjà en contact avec l'armature *d* la soulèvera. L'armature *d* ne peut être soulevée que si l'armature *n* ne lui vient en aide, même si la bobine *h* est excitée; l'armature *d* reste en place si l'armature *n* retombe.

Pour supprimer le fonctionnement de la sous-station, il suffira d'interrompre le courant sur le feeder *c*; dans ce cas, l'armature *n* retombe et la bobine *f* restant sans courant, l'interrupteur *l* revient au repos. A ce moment l'armature *d* tombe à son tour, et permettra une nouvelle manœuvre.

Le relais I provoque la mise hors circuit en cas de court-circuit ou intensité maximum. (Br. Fr. 504.303. — Société alsacienne de constructions mécaniques.).

DISPOSITIF DE DEMARRAGE POUR MOTEURS ASYNCHRONES

Ce dispositif comprend comme les systèmes à coupleur deux doigts *d* et *d'* pivotant sous l'action de la force centrifuge et court-circuitant les résistances *s* (fig. 4).

Le court-circuit se produit par l'intermédiaire de plots *a*, *a'*, *a''* et *a'''* venant en contact avec les lames métalliques montées sur les doigts. Les ressorts *r* et *r'* équilibrent les leviers.

Dans la position de travail, le ressort, le point d'appui et le centre du pivot sont en ligne droite, ce qui a pour effet d'annuler la force centrifuge. (Br. Fr. 505.375. — Drouard.).

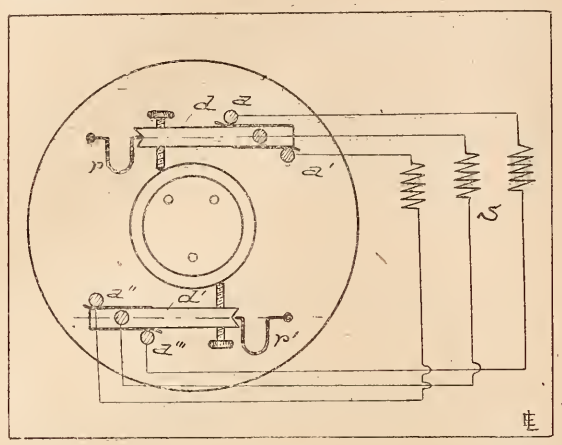


Fig. 4.

APPAREIL AUTOMATIQUE D'ALLUMAGE ET D'EXTINCTION DE LAMPES ELECTRIQUES

Cet appareil est un bouton poussoir permettant la mise en circuit de lampes électriques pendant un temps déterminé. Comme les appareils du même genre, il se compose d'un petit piston *a* percé d'un conduit, fermé

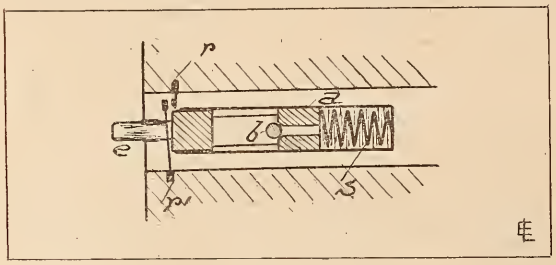


Fig. 5.

à la partie supérieure par une bille *b*. Le piston se déplace dans un tube de verre, contenant de l'huile et un ressort à boudin. Quand le bouton *e* est comprimé, l'huile tend à sortir par le conduit, la bille formant clapet, les ressorts *r* et *r'* ferment alors le circuit Au retour, le ressort *s* agit seul, l'air entrant difficilement dans le tube, le mouvement est retardé. (Br. Fr. 505.500. Rozier.) P. M.

INTERRUPTEURS ENCASTRÉS MONTÉS SUR TUBES

Les installations d'éclairage dans des bâtiments neufs se font de plus en plus avec des tubes métalliques, qui permettent de tirer les fils à volonté et donnent de plus grandes garanties d'isolement, aussi bien que de protection mécanique contre les coups, pointes enfoncées par mégarde, etc. La maison *Adt frères*, qui s'est spécialisée dans la construction de l'appareillage des tubes, a établi des commutateurs de divers types (fig. 6 et 7) dont l'ap-

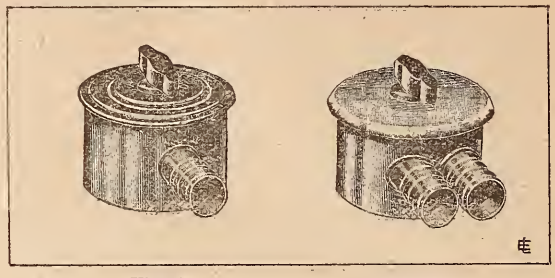


Fig. 6. Fig. 7.

pareillage intérieur est moulé en matière isolante « Australite », qui peuvent s'encastrer complètement dans les murs et cloisons, avec raccordement direct au tube métallique. Cette matière isolante est incassable et ininflammable, ne contenant aucun produit résineux.

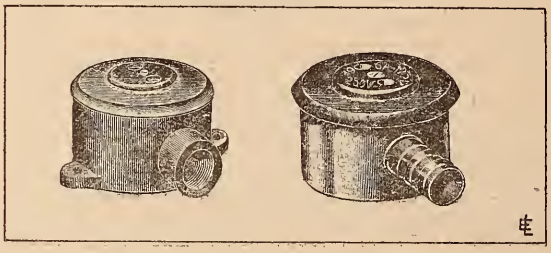


Fig. 8. Fig. 9.

Ces installations, qui se font d'une manière analogue avec des prises de courant (fig. 8 et 9), tout en rendant l'installation à peu près invisible, évitent toute possibilité d'avarie aux interrupteurs notamment, dont les couvercles sont si souvent détériorés, cassés, ou même enlevés.

PRISE DE COURANTS POUR FILS SOUPLES

Cette prise de courant exposée au récent concours Lépine se compose (fig. 10) d'un boitier renfermant deux

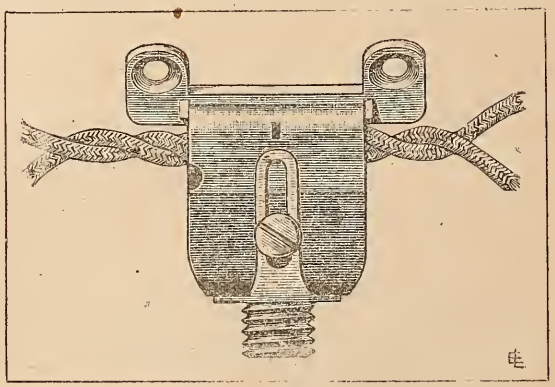


Fig. 10.

aiguilles qui se piquent dans les deux conducteurs de fil souple. Le système de montage de la douille permet d'incliner celle-ci dans différentes positions, par exemple pour l'éclairage de vitrines (*E. Gaillemin*, constructeur, 2 *bis*, rue de l'Egalité, à Vincennes).

TRIBUNE DES ABONNÉS

Notre Tribune est une rubrique de renseignements mutuels ouverte à tous nos abonnés. Les noms des demandeurs ne sont pas publiés, mais nous ne pourront insérer les demandes qui n'émaneraient pas d'abonnés.

DEMANDES

N° 147. — Voulez-vous bien m'indiquer avec la nature du **métal employé pour les appareils de chauffage à l'électricité**, les noms et adresses du ou des constructeurs.

N° 148. — On demande l'adresse du ou des fabricants d'appareils électriquesp our chauffage, petits appareils de poche servant à se faire chauffer un verre d'eau ou autre chose en quelques secondes, récemment vu dans un journal de sciences.

N° 149. — Je désirerais connaître la composition, le nom, la résistivité par cm², du métal en forme d'un mince ruban, de quelques dixièmes de largeur et quelques centièmes d'épaisseur, que l'on rencontre souvent dans les appareils électriques tels que fers à repasser, bouilloires, etc.

Où pourrais-je me procurer cela ?

N° 150. — Quelle est l'influence de l'excitation sur le facteur de puissance d'un alternateur triphasé ?

Voici ce qui se passe, je dirige une petite centrale hydraulique où sont installés deux alternateurs triphasés BT 200 v étoile, pour le moment il n'y en a qu'un qui marche le courant arrive au tableau à 200 volts,passe par un survolteur 200 kilowatts qui l'envoie sur la ligne à 15000 volts.

Si je mets la machine en marche à vide sans le transformateur, le voltage est de 200 volts, l'intensité 0, si je mets le transformateur en circuit immédiatement, l'intenslté monte à 70 A. Le wattmètre à 4,5 kilowatts , le cos φ est donc très mauvais.

Si je manœuvre le rhéostat pour augmenter l'excitation l'aiguille de l'ampèremètre monte toujours, le voltage ne bouge presque pas et surtout pas en proportion, le wattmètre ne varie pas, je comprendrais que l'intensité augmente si la puissance au wattmètre augmentait aussi, mais il n'en est rien.

Sur le même tableau il existe un ampèremètre HT branché après le survolteur la lecture comparée avec celui BT ne concorde pas, par exemple, quand je lis sur HT 1 ampère (15.000 volts).j'ai sur BT 117 ampères (200 volts),sur le wattmètre, 20 kilowatts, au point de vue K V A et cos φ pourquoi ? les condensateurs statiques sont-ils réellement pratiques pour relever le facteur de puissance d'un réseau.

Quelle devrait-être leur capacité pour une installation de 110 kilowatts et comment les brancher ?

RÉPONSES

N° 143 R. — Voyez : 1° Méthode pratique pour calculer les moteurs asynchrones polyphasés par Boy de la Tour (1902);

2° Schemas et règles pratiques de bobinage des machines électriques, par Torices et Curchod (Dunod, 1920).

N° 138 R. — Je crois que les meilleurs moyens de trempe et d'aimantation des aimants sont conserves soigneusement par les usines. En tous cas pour aimanter il faut un électro-aimant de dimensions convenables avec épanouissements polaires appropriés à la forme et à la dimension des aimants. Pour des magnétos de diverses dimensions, par exemple, j'ai construit un électro dont l'écartement polaire est réglable (fig. 1). Il faut : laisser les aimants un certain temps dans le champ pour vaincre l'hystérésis; inverser plusieurs fois le sens de l'aimantation dans la pièce; la frapper à petits coups avec un marteau de bronze pour faciliter l'orientation des lignes de force. F.

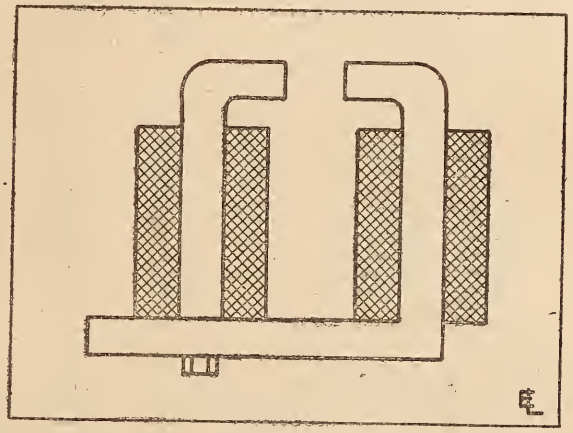


Fig. 7

N° 147 R. — Le métal employé pour le **chauffage électrique** est généralement du fil de chrôme-nickel dans des proportions que les fabricants ne tiennent pas à faire connaître.

Nous pouvons vous indiquer comme constructeurs d'appareils, ou fournisseurs de fils : Société Le Matériel, 21, rue d'Edimbourg, Paris, 8e. Société Electron, 124, faubourg Saint-Martin, Paris, 10e. Ateliers Plancher, 115, rue Saint-Maur, Paris.

Nos 148 R. et 149 R. — Voyez réponse n° 147 R.

N° 150 R. — 1° La caractéristique en charge vous renseignera sur l'**influence du courant d'excitation**. La détermination de cette caractéristique peut se faire par différentes méthodes (Behn-Eschenbourg), Rothert, Potier, Blondel, etc.) Voir à ce sujet *Electricité industrielle*, de Roberjot, t. II ou tout autre cours d'électrotechnique.

2° La transformation du courant B T en courant H T ne se fait pas sans pertes et si les appareils branchés sur le secondaire et le primaire sont exacts, vous pouvez en déduire le **rendement du transformateur**.

3° Les principaux défauts que présentent les **condensateurs industriels** sont les suivants :

a) Trop faible résistance à la rupture du diélectrique.

b) Refroidissement insuffisant.

Il est préférable de combattre la self-induction d'une ligne par l'emploi en bout d'un moteur synchrone surexcité et de réserver les condensateurs pour la protection de la ligne, dans ce rôle ils vous donneront satisfaction.

R. Dumé.

COURS DES VALEURS MOBILIÈRES D'ELECTRICITÉ

(COTES AU 10 DU MOIS)

++++++

Dern. rev.	ACTIONS	Cours précédent	Cours actuel
45...	Accumulateurs Dinin	200	217
.....	— Tudor	270	270
12.50	Applicat. indust.,—250 f.	230	195
23.76	Câbles Télégraphiques, 250 f.	580	635
25.	Eclairage-Force p. l'Electr.	525	540
30.	Edison (Cie Contie) 500 f.	683	661
.....	Edison (Cie Contie Parts)	226	175
33.33	Electricité de Paris, parts	850	850
.....	— de Varsovie, priv. 500 f.	405	405
.....	— et Gaz du Nord, parts	1345	1280
35...	— Industrielle (B), 500 f.	261	292
.....	— — (Centrale d'), 500 f.	297	...
30.	— — (Havraise d'), 250 f.	444	444
20.	Energie (Havraise d'), jouis.	266	277
.....	— (Indust. d'), 250 f.	134	141
.....	— — Parts	55	56
30.	— Littoral Méditerr.	479	485
.....	— Nord de la France, 250 f.	311	270
30.	— Sud-Ouest, 500 f. t. p.	398	360
10.	— Industrielle, 100 f.	130	124
.....	Est-Lumière, 100 f.	60	70
56.	Forces Mot. Rhône, part	3050	2845
15.	— et Lumière (Soc. gén. de 250 f.)	250	256
50...	Gramme, 500 f.	665	680
15.	Loire et Centre (Cie Elec.) 250	312	290
25.	Secteur Clichy, 500 f.	266	240
15.	Sud Electrique (Soc.) pr. 250	275	275
30.	Travaux d'Eclair. et Force	422	406
20.	Le Triphasé, 500 f.	495	440
.....	Union d'Electricité, 250 fr.	200	199
	OBLIGATIONS		
17.50	Câbles Tél. 3 1/2, 500 f.	365	358
20.	— 4 % (Austr. Nlle Caléd.),	477	488
20.	— 4 % 500 f. (Transat.),	422	419
25.	Distrib. d'Energie Elect. 5 %	325 50	330
15.	— d'Elec. Parisienne de 3 3/4 %	255	250
20.	— 4 %, 500 f.	326	325
25.	— 5 %, 500 fr.	365	376
30.	Eclairage Elec. Bons 6 %	496	503
30.	Edison (Cie Gle) Bons 500 f., 6 %	496	505
20.	Elec. de Paris, 500 f., 4 %	321	328
20.	— Cie Génér. 4 %, 500 f.	413	386
20.	— — 4 %, 2e sér., 500 fr.	359	400
20.	— — 4 %, 3e sér., 500 fr.	342	347
30.	— — 500 fr., 6 %	491	509
.....	— de Varsovie, 500 fr., 4 1/2 %	398	398
22.50	Elec-Chim. (Sté d'), 500 f., 4 1/2 %	490	490
22.50	— 500 fr., 4 1/2 % net 1916	478 50	478
25.	Energie Elec. (Cent. d') 5 %, 500 f.	330	344
30.	— — 500 fr. 6 %	490	460
30.	— Basse-Isère, Bons 6 %, net 500 fr.	484	499
12.	— (Havraise d') 300 fr., 4 %, A et B	225	220
.....	— — 500 fr., 6 %, C.	...	504
25.	— du Litt. Méditerr. 500 f., 5 %	345	385
20.	— — 500 fr., 4 %	310	319
30.	— Bons 6 % (rouges), 500 f.	481	502 50
30.	— — (verts)	485	503
22.50	— Nord de la France, 500 f., 4 1/2	323	315
25.	— du Sud-Ouest, 5 %, 500 f.	315	343
30.	— — 500 f., 6 %, verts	473	490
30.	— — 500 f., 6 % rouges	488	489
30.	— — 500 f., 6 %, violets	480	483
25.	— Industrielle, 500 f., 5 %	350	350
30.	— — Bons 500 f., 6 %	450	455
22.50	Est-Lumière 500 f., 4 1/2 %	412	415
25.	— 500 fr., r. 5 %, jouiss.	426	426
30.	Expl. Elec. Bons 6 %, 500 f.	454	462
25.	Loire et Centre (Cie Elec.) 500 f. 5 %	357	355
30.	— — 6 %, r. 500 f.	495	490
22.50	Ouest-Lumière, 4 1/2 %, r. 500 f.	432	413
30.	Ouest-Lumière, Bons 6 %, 1917, 500 f.	470	480
30.	— Bons 6 %, 1918, 500 f.	466	480
20.	Forces Motr. du Rhône, 4 %, 500 f.	368	353 50
25.	— Hte Durance, 500 f., 5 %	380	349
25.	Sud-Elec. 5 %, 500 f.	338	345
30.	— Bons 6 %, 500 f., sér. verte	494	497

Dern. rev.		Cours précédent	Cours actuel
30.	— — sér. rose	491	498
22.50	Le Triphasé 4 1/2 %, 500 f.	358	371
30.	— Bons 6 %, 500 f.	483	498
20.	Thomson-Houston, 4 %, r. 500 f.	340	366
30.	— 6 % net d'impôts, 500 f.	510	520
20.	Téléph. (Sté Industr.), 4 %, 500 f.	346	369
30.	Union d'électricité. 500 f. 6 %	480	480
	ACTIONS		
.....	Electricité de Marseille 500 f.	407	407
.....	— de Varsovie, ord.	735	735
.....	Cie Lorraine d'Electricité, 500 fr.	700	700
.....	Union électrique, 100 f.	80	80
30.	Versaillaise Tram-Electr. (pr.)	585	585
20.	— — (ord.)	310	390 50
	OBLIGATIONS		
22.50	Bréguet 4 1/2 %	425	428
30.	— 6 %	490	497 50
.....	Eclairage des Villes, 100 f.	45	40
25.	— 500 f.	425	425
25.	Gaumont (Etabl.)	375	380
12.50	Nogentais, 250 f.	188	181
15.	— 500 f.	305	305
.....	Secteur Rive gauche 5 0/0	...	413
20.	Versaillaise Tram-Electr. 500 f.	420	420
.....	Cairo-Electric	307	276
.....	Central Electrique Nord	20	19
10.	Tramw. Lille-Roubais	210	230
37.	Const. Elect. Lyon-Dauphiné	720	720
40.	— Méc.-Suresnes	395	395
20.	Tramways de Bordeaux, 4 %	348	340
30.	— Est-Parisien, 500 f.	465	475
20.	— (Gle Fse de) 4 %	260	253
20.	— (Parisienne de)	302	315
20.	— de Paris et dép. Seine 4 %	308	293
25.	— — — — 5 %	342	352
25.	Tramways de Rouen	399	...
8.d	American Telep. Teleg.	1520	1740
10.	App. Elect. Grammont, 100 f.	160	174
10.	Appar. Elect. Grivolas, 100 f.	130	125
30.	Biterroise de Force. 500 fr.	505	505
26.21	Câbles Tél. 1re sér., 2 %	745	875
3.20	Câbles Tél. parts 2e sér.	79 50	86 75
15.	Centrale d'Entr. (A. D. Rivière et Cie)	395	395
.....	— parts (c. 1 att.)	160	160
20...	Eclair. Elect. Bordeaux 250 f.	520	520
6.	Elect. Limoges, priv.	112	113
17.50	Energie El. Basse-Loire, 250 f.	371	371
7.50	F. Mot. Ecl. Grenoble ord.	220	220
.....	Locations élec. 100 f.	44	46
.....	Paz et Silva (Etabl.) 100 f.	121	122
32.50	Roubaisienne d'Eclair. 250 f.	300	300
.....	Secteur Rive Gauche, parts	37	31
22.50	Aluminium Français, 500 f., 4 1/2	360	369
30.	App. Elec. Grammont (Bons) 6 % 1919	484	484
25.	Ariège (Métal), 500 f., 5 %, nouv.	400	410
25.	Basse-Loire (Energ. élect.) 500 f. 5 %	310	302
25.	Biterroise de Force (Sté) 500 f. 5 %	342	374
22.50	Bozel (Electro-Chimie), 500 f. 4 1/2	395	385
22.50	Canalisation électrique 500 f. 4 1/2	430	430
15.	Electricité de Limoges 3 % 500 f.	250	230
20.	— — 4 %, 500 f.	340	315
.....	— — (Cie) Madril.) 5 %, 500 f.	300	300
.....	— — de Moscou, 500 f. 5 %	399	399
.....	Electrique du Blésois 500 f. 5 % net	459	459
.....	— de Loir-et-Cher, 500 f. 5 %	417	417
25.	Electro-Mécanique 500 f. 5 %	429	429
22.50	Forces Motr. d'Auvergne 500 f. 4 %	450	450
25.	Gaz Franco-Belge, 500 f. 5 %	385	382
.....	Gaz de Rosario, 500 f. 5 %	100	105
.....	Hydro-Elect. B.-Pyrén., 500 f., 1/2	415	415
.....	Lumière et Traction, 500 f., 3 %	301	301
7.50	Métallurgiq. Périgord, 150 f., 5 % net	125	158
10.	Métallurgiq. Périgord, 250 f., 4 %	195	211
7.50	— — 500 f., 5 %	398	372
22.50	Roubaisienne d'Eclair., 500 f., 4 1/2	311	305

Le Gérant : L. DE SOYE.

36e Année. — N° 1265. 1er Décembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER
Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION

MM.
Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I.B. A. L.;
Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;
Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;
Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;
L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;
Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;
Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;

MM.
Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;
Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Anzin;
Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electro mécanique;
P. Letheule, Ingénieur à la Campagnie française Thomson-Houston.
Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;
Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;
Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53 01

Electrification partielle des Chemins de fer français.

Le présent article a pour objet de préciser l'état actuel des projets d'électrification partielle de trois des réseaux francais et de rappeler, à cette occasion les avantages nombreux que présente la traction électrique appliquée aux lignes d'intérêt général. La question est d'une importance vitale pour notre développement économique, aussi pensons-nous intéresser vivement nos lecteurs en publiant en entier dans ce numéro l'importante étude de M. Tétrel.

Le problème de l'électrification partielle des chemins de fer français est, à l'heure actuelle, une des questions qui intéressent au plus haut degré l'avenir économique de la nation. Après la grande secousse de la guerre mondiale, la France doit songer à utiliser au maximum les forces naturelles dont elle est si abondamment pourvue.

Tout d'abord, l'énergie hydraulique des régions des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central pourra se substituer complètement à l'énergie de la houille pour l'exploitation d'un certain nombre de lignes. Mais, ainsi que nous l'avons expliqué dans le numéro du 1er octobre 1920 de l'*Electricien*, à propos du projet d'électrification des chemins de fer de l'Etat belge, l'emploi de la traction électrique, en dehors des lignes de montagnes, avec des supercentrales thermiques, permettra d'obtenir, sur les lignes plates et à gros trafic, une meilleure utilisation du combustible devenu rare et cher, l'économie de charbon pouvant atteindre de 50 à 65 % (1).

Il y a lieu de remarquer en outre que les locomotives à vapeur, pour assurer un bon service, ne peuvent brûler que du charbon de bonne qualité, alors que l'on peut employer des combustibles de qualité inférieure dans les chaudières des supercentrales.

La carte ci-jointe indique, en dehors des lignes de banlieue que nous avons laissées de côté, celles des lignes d'intérêt général que trois compagnies de chemins de fer françaises se proposent d'élec-

(1) M. Aspinall a signalé en 1909 que sur la ligne de Liverpool à Southport la consommation de charbon des locomotives à vapeur s'élevait à 28 kilogrammes par train-kilomètre, tandis que la consommation de charbon à la station centrale alimentant les trains électriques était réduite à 13 kil. 78.

trifier. Le programme comprend 7.800 kilomètres environ, représentant approximativement le sixième du réseau ferré de notre pays et répartis de la façon suivante :

Réseau du Midi : 3.000 kilomètres environ, soit presque la totalité du réseau. On ne laisserait guère subsister la traction à vapeur que sur la ligne plate Bordeaux-Cette et ses embranchements.

Actuellement, 318 kilomètres sont déjà électrifiés et en fonctionnement, savoir : Villefranche-Bourg-Madame, 56 kilomètres ; Perpignan-Villefranche, 47 kilomètres ; Lourdes-Pierrefitte, 20 kilomètres ; Tarbes-Bagnères, 22 kilomètres ; Lannemezan-Arreau, 25 kilomètres ; Pau-Montréjeau, 113 kilomètres ; Montréjeau-Luchon, 33 kilomètres.

Réseau d'Orléans : 2.600 kilomètres environ, comprenant la grande artère Paris-Brive avec les deux embranchements Brive-Montauban et Brive-Toulouse par Capdenac, ainsi que les lignes du Massif-Central : Limoges-Gannat, Limoges-Angoulême, Limoges-Périgueux, Périgueux-Brive. Brive-Clermont, Saint-Denis-Arvant, Montluçon-Aurillac, et leurs embranchements.

Réseau du P.-L.-M. : Environ 2.200 kilomètres, savoir : la ligne de montagne Nîmes à Langogne, dont la capacité accrue par l'électrification permettrait de soulager considérablement la grande ligne Paris-Marseille, les lignes de montagne Lyon à Genève, Culoz à Modane, où aboutit une ligne électrique italienne et Montmélian à Marseille, par Grenoble et Veynes, ligne aux déclivités très importantes, la ligne à grand trafic Lyon à Marseille, et celles de Marseille à Vintimille et de Tarascon à Cette.

La puissance globale à aménager, pour réaliser ce programme, peut-être évaluée, *grosso modo*, à un million de chevaux. C'est à peu près le dixième de la puissance totale des chutes d'eau de la France.

Les ressources en énergie hydraulique de la haute Dordogne fourniront au réseau d'Orléans le courant dont il a besoin pour ses lignes du Massif Central.

Les chutes d'eau des Pyrénées satisferont très largement aux besoins de la Compagnie du Midi, qui a déjà aménagé les usines de Soulom et d'Eget, et qui en projette une série d'autres dans les vallées de la Têt et d'Ossau. Enfin, une usine établie sur la haute Dourbie, à Aumessas, alimentera la partie du réseau à électrifier, située dans les Cévennes.

La Compagnie P.-L.-M., en dehors des forces hydrauliques dont elle étudie l'aménagement sur le haut Tarn pour l'électrification immédiate de la ligne à fortes rampes de Nîmes à Langogne, se propose d'acheter le courant qui lui sera nécessaire aux nombreuses usines existantes ou à créer dans la région des Alpes.

La consommation annuelle d'énergie à haute tension, basée sur le trafic de 1913, serait :

Midi	330.000.000	kwh
Orléans	370.000.000	
P.-L.-M.	550.000.000	
Total	1.250.000 000	kwh

On peut admettre que dans un délai de 20 ans, en 1940, le trafic aura doublé. La consommation annuelle d'énergie atteindrait alors deux milliards et demi de kilowatt-heures. Il est à peine besoin de faire remarquer que ces chiffres sont donnés à titre de simple indication.

Dépenses de premier établissement. — Il est extrêmement difficile, dans l'état d'instabilité actuelle des prix, d'évaluer les dépenses de premier établissement, comprenant l'aménagement de la puissance hydraulique et la création des usines, l'installation des lignes à haute et à basse tension et des sous-stations, l'achat des locomotives. La sous-commission administrative du Ministère des Travaux publics a établi les prévisions suivantes, *basées sur les prix d'avant guerre.*

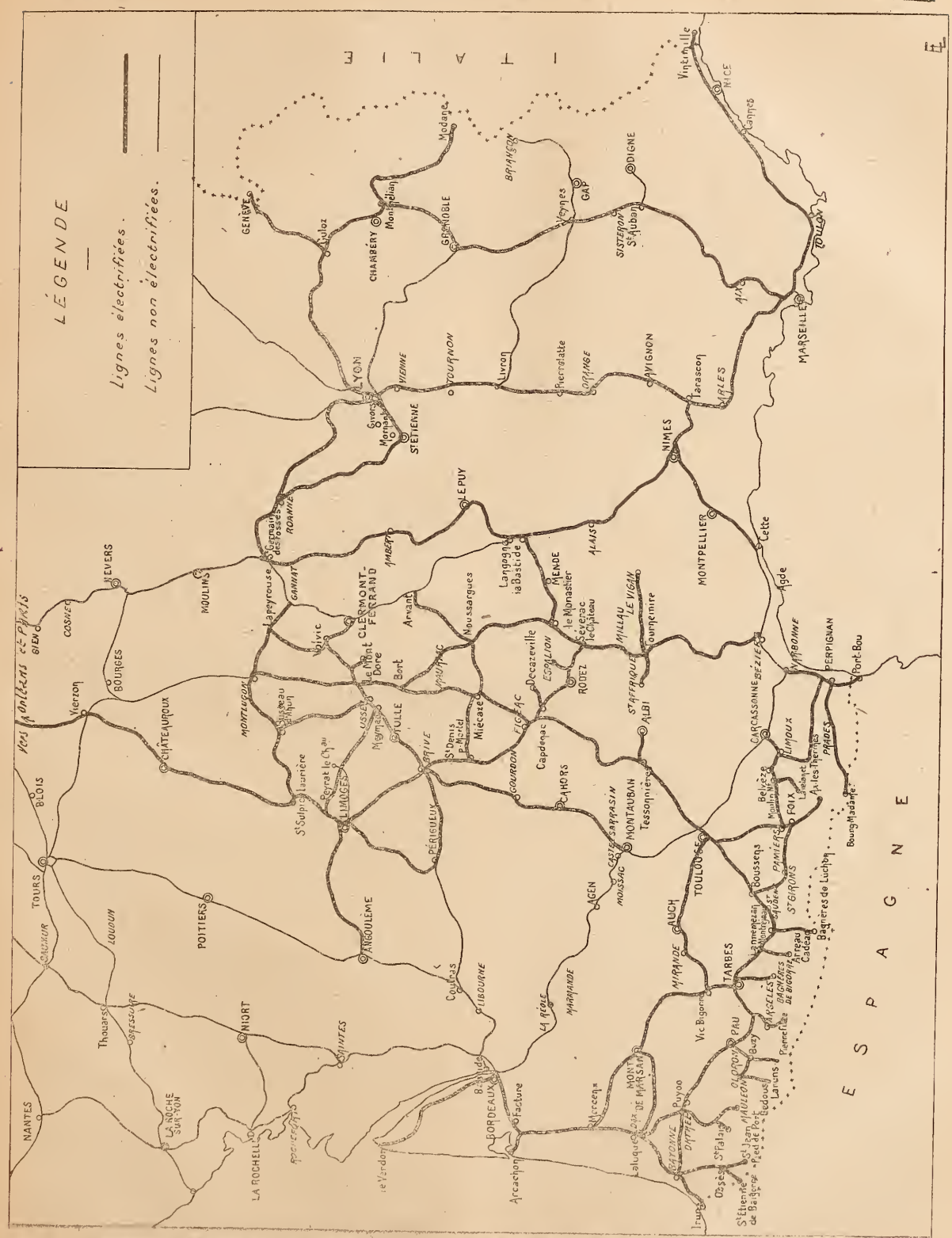
Midi ..... Fr.	465.000.000
Orléans	473.000.000
P. L. M.	742.000.000
Total .. Fr.	1.680.000.000

Nous estimons que, dans les conditions actuelles du marché, ce chiffre doit être au moins triplé et que la dépense ne sera pas inférieure à 5 milliards.

L'intérêt et l'amortissement à 8 % de ce capital d'établissement exigerait ainsi une annuité de 400 millions.

L'économie de combustible, basée sur le trafic de 1913, peut être évaluée à deux millions de tonnes, valant au cours actuel des charbons, 400 à 500 millions. Avec le trafic supposé double de 1940, cette économie atteindrait 800 millions à 1 milliard. On peut donc dire que dès maintenant le trafic est suffisant pour permettre d'amortir les dépenses d'établissement au moyen de l'économie de charbon.

Des financiers pourraient prétendre qu'il semble peu raisonnable d'engager une dépense énorme de l'ordre de 5 milliards pour n'arriver en fin de compte, avec le trafic actuel qu'à couvrir la dépense d'amortissement par l'économie de combustible. Dans ces conditions, la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur constituerait, pour l'avenir immédiat tout au moins, une opération blanche. Nous allons démontrer qu'il n'en est rien et que l'emploi de la traction électrique, en dehors des multiples progrès techniques qu'elle entraînera, se soldera par des avantages économiques considérables.



Plan du Programme d'électrification des réseaux P.-O., P.-L.-M. et Midi.

Tout d'abord, la France étant déficitaire dans sa production de charbon, les 4 à 500 millions de combustible que nous économiserons dès maintenant diminueront d'autant le chiffre de nos importations. Notre change, actuellement si déprécié, bénéficiera certainement de cette amélioration de notre balance commerciale.

D'autre part, il n'est pas raisonnable d'imputer à la réalisation du programme d'électrification proposé la totalité de la dépense de 5 milliards. Tout d'abord, il y a lieu d'en défalquer environ le tiers, représentant le prix des locomotives et automotrices électriques, destinées à remplacer les locomotives à vapeur. Les Compagnies de chemin de fer doivent en effet commander tous les ans un certain lot de machines à vapeur; grâce aux machines disponibles, on pourra éviter ces commandes ou en diminuer l'importance pendant les années qui suivront l'électrification. On doit encore, en toute rigueur, faire sortir de la dépense globale d'électrification une bonne partie des travaux de régularisation des cours d'eau puisque d'autres branches de l'activité sociale, l'agriculture, l'industrie d'aval et éventuellement la navigation, sont appelées à en bénéficier.

Dans un autre ordre d'idées plus général, l'aménagement de grandes centrales hydrauliques et d'un petit nombre de supercentrales thermiques reliées par un vaste réseau de distribution et créées en vue de l'électrification des réseaux, permettra de mettre sur pied une organisation de la production de l'énergie électrique et d'amener une transformation profonde dans les moyens de génération de l'électricité. On pourra ainsi supprimer un grand nombre de petites centrales industrielles particulières en mettant à leur disposition une énergie produite à un prix beaucoup plus bas que ceux pratiqués maintenant. Cette façon de voir est actuellement celle des milieux dirigeants de l'Angleterre. Bien que ce pays soit un grand producteur de houille, on s'y préoccupe, à juste raison, d'économiser le charbon là où le gaspillage est flagrant. D'après les évaluations du *Coal Conservation Sub Committee*, on pourrait espérer, au delà de la Manche par l'aménagement de supercentrales thermiques, réduire à 25 millions de tonnes la consommation actuelle de 80 millions de tonnes des petites usines particulières. Une économie relative encore plus grande pourrait être obtenue en France où, en dehors des supercentrales thermiques qui seraient établies sur le pas des mines, nous disposons, suivant M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées de la Brosse, d'une puissance hydraulique, correspondant aux débits moyens des cours d'eau, de 10 millions de chevaux dont 3 millions et demi dans la région des Alpes. Notre pays qui, avant la guerre, consommait 60 millions de tonnes de charbon, dont 7 à 8 millions pour les chemins de fer, et n'en produisait que 40 millions, cesserait d'être tributaire de l'étranger. Si, au contraire, nous renoncions à toute électrification, la consommation de charbon pour les chemins de fer serait, dans 20 ans, de l'ordre de 20 millions de tonnes et le déficit annuel dépasserait 30 millions de tonnes, en admettant, ce qui est moins que probable, que notre production ne diminue pas. Il n'est pas possible de nous laisser acculer à une éventualité aussi désastreuse.

AVANTAGES PRINCIPAUX DE LA TRACTION ELECTRIQUE

Ces remarques générales faites, nous allons rappeler brièvement les avantages *techniques* principaux de la traction électrique et constater qu'ils entraînent presque toujours des avantages *économiques*.

Avantages d'exploitation. *Service des voyageurs.* — La traction électrique est principalement caractérisée par la facilité qu'elle donne de proportionner en toutes circonstances, et pour toutes les natures de trains, la puissance nécessaire pour leur remorque aux besoins de vitesses et d'efforts de traction indispensables pour satisfaire aux exigences du trafic.

Pour le service des voyageurs, cette traction peut se faire par locomotive ou par voitures automotrices.

La traction par locomotive est tout indiquée pour les trains de grandes lignes comportant une grande vitesse et peu d'arrêts.

A puissance égale, la locomotive électrique est plus légère que la locomotive à vapeur. La différence s'accentue encore quand on tient compte du poids du tender en ordre de marche. Le rapport du poids utile du train au poids total est donc plus grand dans la traction électrique. Le tableau suivant, extrait de documents américains, met ce fait en évidence.

Poids total en tonnes d'un train express.

Locomotive à vapeur type « Pacific »	154 T
8 Pullmann-cars (train de luxe)	360
Total	514 T
Locomotive électrique du New-York Central	85 T
8 Pullmann-cars	360
Total	445 T

Ainsi, pour un même effet utile, on a 69 tonnes de moins à remorquer, soit 13,5 % du poids total. Mais le supplément d'énergie perdue est bien supérieur à ce chiffre. La locomotive à vapeur,

Par suite de l'importance des frottements du mécanisme, absorve pour se remorquer elle-même une puissance considérable. Nous pouvons citer l'exemple d'une série de machines qui, sur une puissance totale développée de 1490 HP, à la vitesse de 93 kilomètres-heure en absorbe 590 pour sa propre remorque. Alors que la résistance au roulement d'une locomotive électrique à 4 essieux moteurs, à la vitesse de 50 kilomètres-heure, n'est que de 6 kilos par tonne, soit une fois et demie à deux fois celle du matériel remorqué, cette même résistance atteint 8 kilos, 17 kilos et 30 kilos par tonne, respectivement, pour les locomotives à vapeur à 3, 4 et 5 essieux couplés.

Pour le service de banlieue, le gros avantage de la traction électrique résulte de l'emploi aussi généralisé que possible de voitures automotrices.

L'emploi des rames automotrices permet de réaliser des trains *réversibles* pouvant circuler sans aucune manœuvre dans les deux sens. On réduit ainsi les durées de stationnement aux gares terminus en supprimant les tournages de machines et les manœuvres de mise en tête (ces dernières seraient nécessaires même avec les locomotives électriques pour les trains n'employant qu'un seul tracteur).

Grâce à la *divisibilité* des rames, on peut faire varier à volonté, aux différentes heures de la journée, la capacité des trains et proportionner leur tonnage à l'intensité du trafic. Dans ce système dit à *unités motrices multiples*, le groupement unitaire pourra, par exemple, être composé d'une voiture motrice et de deux remorques et les trains seront formés à volonté de 1, 2 ou 3 groupements identiques. Quelle que soit la composition de ces trains, comme le rapport du poids adhérent au poids total sera toujours le même, l'accélération de la vitesse resteront inchangées, ce qui constitue un précieux avantage pour le Service de l'Exploitation. De cette façon, on évitera de faire circuler du matériel presque à vide aux heures creuses de la journée.

On pourra aussi, sans dépense supplémentaire appréciable d'énergie, multiplier le nombre des trains en les rendant plus légers et les faire partir à intervalles réguliers et plus rapprochés.

Dans le cas de la traction par courant continu, en équipant chaque automotrice avec des moteurs à pôles auxiliaires, on peut effectuer des démarrages rapides tout en réalisant des vitesses soutenues élevées, en *shuntant les inducteurs* après le démarrage.

La souplesse du système de traction par rames automotrices se prête tout naturellement au mode d'*exploitation par zones* dont voici le principe :

Soit une ligne de banlieue partant de Paris et desservant un grand nombre de localités dont 3 gros centres A, B, C, pour fixer les idées. Il y aura 3 espèces de trains : 1° des trains omnibus de Paris à A ; 2° des trains de Paris à B, directs de Paris à A, omnibus de A à B ; 3° des trains de Paris à C, directs de Paris à B, omnibus de B à C. La durée de transport des voyageurs, même dans des localités éloignées de Paris d'une trentaine de kilomètres, pourrait ne pas dépasser une demi-heure. Cette facilité de déplacement aura certainement pour effet de décongestionner la capitale, ainsi que cela a été observé pour les grands centres des Etats-Unis. Ce sera peut-être la solution du problème angoissant des loyers !

Démarrages rapides. — Nous avons parlé plus haut de démarrages rapides. C'est, en effet, un des avantages les plus importants de la traction électrique avec les voitures automotrices, le poids total est adhérent. Pour les locomotives électriques, on ne prévoit d'essieux directeurs que dans le cas de trains à très grande vitesse et, même alors, le rapport du poids total au poids adhérent ne dépasse pas 1,15 à 1,20. Ce même rapport varie au contraire de 3,5 à 1 pour les locomotives à vapeur, suivant leur type. Dans ces conditions, pour un même poids de tracteur, l'effort au démarrage avec la traction électrique est bien supérieur à celui obtenu avec les locomotives à vapeur. Pour ces dernières, les meilleurs essais ont donné comme accélération moyenne pendant toute la période de démarrage environ 0,15 m./sec./sec, avec une valeur initiale maxima de 0,30 à 0,35 m./sec./sec. Sur le métropolitain de Paris, elle est voisine de 0,75 m./sec./sec ce qui correspond à une augmentation de vitesse par seconde de 2,7 kilomètres à l'heure. Aux Etats-Unis, la valeur à peu près uniformément adoptée pour les lignes urbaines électriques est 1,5 mille par heure, par seconde, soit 0,67 m./sec./sec. Enfin des expériences faites par la General Electric C° ont montré qu'il était possible d'atteindre en 10 secondes une vitesse de 48 kilom. à l'heure, ce qui correspond à une accélération moyenne de 1,33 m./sec./sec., soit 9 fois l'accélération moyenne d'une locomotive à vapeur.

Le besoin de démarrages rapides ne se fait d'ailleurs sentir que pour les trains à arrêts fréquents. On y satisfait de la manière la plus complète avec le système à unités multiples, puisque l'on peut augmenter à volonté le nombre d'essieux moteurs et les répartir le long du train. Disposant d'un poids adhérent élevé, on réalise de puissants efforts de traction qui amènent rapidement le train à sa vitesse maxima, de régime. Pour une

vitesse moyenne donnée entre deux arrêts consécutifs, on peut diminuer la vitesse maxima et réduire l'énergie qui devra être dissipée dans les freins d'où, finalement, économie dans l'énergie totale absorbée par un train donné sur un parcours et dans un temps donnés. Inversement, une vitesse maxima étant donnée, on peut réduire le temps de parcours et en profiter pour modifier très avantageusement les graphiques de marche.

Augmentation des recettes et de la capacité de transport. — Grâce à ces qualités spéciales, augmentation de la fréquence des trains et de leur vitesse commerciale, la traction électrique permet d'augmenter dans de grandes proportions la capacité de transport des lignes sur lesquelles elle est établie; c'est là peut-être son avantage le plus essentiel. Partout où elle a remplacé la traction à vapeur, les services d'exploitation ont pu doubler, et quelquefois plus que doubler, le service des trains sans avoir à augmenter le nombre des voies, ni les aménagements des gares terminus.

Citons, par exemple, la ligne de Liverpool-Southport où, malgré l'augmentation du service des trains, 2 voies sur 4 ont suffi à assurer le trafic, également le Metropolitan District Railway, à Londres, où 44 trains électriques par heure ont pu être substitués à un maximum de 18 trains à vapeur. De pareilles améliorations sont escomptées dans les projets de transformation de la traction sur les lignes de Bruxelles à Anvers et à Gand, où les gares sont devenues tout à fait insuffisantes, de même que les quais et le nombre des voies.

Dans tous les cas, l'accroissement du nombre de voyageurs, et par suite des recettes, a dépassé les prévisions les plus optimistes.

Sur la ligne de Paris-Versailles, il a été de 15 à 17 %, alors qu'il n'était que de 3 % avec la traction à vapeur.

Sur le Metropolitan District Railway, à Londres, il a augmenté de 71 %; sur le Mersey Railway, de 93 %.

Sur la ligne Milan-Gallarate-Venise, le trafic a augmenté de 170 % en trois années; dans la banlieue de Newcastle, il a augmenté rapidement de 50 %; sur les voies du London-Brigthon, l'accroissement en deux mois a été de 63 %. Sur le London and North Western Railway, l'accroissement du nombre de voyageurs, de 1915 à 1919, a dépassé 100 %. Ce phénomène est tellement général que les Anglais, en électrifiant leurs lignes, se proposent non pas tant de réduire les dépenses que d'augmenter les recettes. Tous les dirigeants de leurs compagnies démontrent l'avantage de la substitution de l'électricité à la vapeur uniquement par l'accroissement de trafic, acquis ou certain, des lignes électrifiées.

Non-limitation de la puissance. — Avec la traction à vapeur, la charge et la vitesse des trains sont limitées, dans certains cas, par la puissance des locomotives, ou plus exactement, par la capacité de vaporisation de la chaudière. Cette limitation disparaît avec la traction électrique, puisque la puissance délivrée au tracteur par la ligne de contact reliée à l'usine peut être prise aussi grande que l'on veut, pourvu que l'on multiplie les essieux moteurs de façon à obtenir un poids adhérent suffisant, et qu'on ne dépasse pas la limite de résistance des attelages. Cette augmentation de puissance permet bien entendu, d'élever considérablement la vitesse des trains. Ainsi une locomotive de 100 tonnes, remorquant un train de 300 tonnes, pourra franchir la rampe d'Etampes, de 8 millimètres par mètre, à la vitesse de 105 à 110 kilomètres à l'heure. Sur la même rampe, un tracteur de 80 tonnes remorquera sans difficulté un train de marchandises de 1.100 tonnes à la vitesse de 40 kilomètres-heure.

Cette non-limitation de la puissance avec multiplicité des essieux moteurs permet aux tracteurs électriques de franchir de fortes rampes. Avec la vapeur, on considère comme un maximum pratique une rampe de 25 millimètres. Exceptionnellement, dans les pays de montagne, on admet des déclivités dépassant 30 millimètres; au delà de 70 millimètres et même de 55 millimètres, on recourt à la crémaillère. Avec la traction électrique, la limite pratique est 100 millimètres. Aussi, dans l'établissement d'une nouvelle ligne, en pays de montagne, les compagnies exploitantes ont-elles pu adopter des tracés plus hardis, à plus fortes rampes et à plus faible rayon; il en résulte une importante économie des frais d'installation de la ligne.

Comme nous l'avons dit plus haut, l'effort au crochet ne doit jamais dépasser la résistance des attelages. En France, cette résistance a été portée successivement de 30 à 40 et 55 tonnes, et récemment à 70 tonnes. Mais nous restons encore loin derrière les Américains qui ont adopté un attelage unifié à 136 tonnes, afin de pouvoir remorquer des trains de marchandises de plusieurs milliers de tonnes. Ils emploient à cet effet, des machines à vapeur monstres articulées, type Mallet, comme celle de l'Erié qui pèse 390 tonnes, dont 347 tonnes de poids adhérent, et développe un effort de traction de 72.500 kilos ou comme celle de la Virginie qui pèse 382,5 tonnes et développe un effort de traction de 75.300 kilos. De pareilles machines, qui n'ont pas moins de 12 essieux moteurs, ont un foyer démesuré. La commande de ces nombreux essieux moteurs, qui constitue un problème difficile de mécanique avec les machines à vapeur,

devient très simple avec les machines électriques, et c'est ce qui explique en partie pourquoi les Américains ont adopté avant nous la traction électrique.

Service des marchandises et des manœuvres. — Le principe des unités motrices multiples s'applique très heureusement à la traction des trains de marchandises. On pourra par exemple, comme au Chicago-Milwaukee-Saint-Paul' employer un tracteur composé de deux demi-locomotives placées l'une en tête, l'autre au milieu du train. De cette façon, sans renforcer nos attelages, on utilisera des convois d'un tonnage double du tonnage actuel, que l'on fera d'ailleurs circuler à une vitesse sensiblement double, d'où une augmentation considérable de la capacité de la ligne. Ce train jumelé, pourra d'ailleurs être dédoublé à volonté, et en particulier à l'entrée des gares, pour faciliter les manœuvres, si l'on veut éviter l'allongement onéreux des voies des gares actuelles.

Alors qu'avec la traction à vapeur, on n'utilise que des moyens de fortune pour communiquer entre les deux machines qui remorquent un train, il sera très aisé d'établir une liaison satisfaisante entre les deux demi-tracteurs du convoi électrique. Il ne saurait être question, dans un train de marchandises, de munir des véhicules d'un circuit de contrôle spécial, comme dans les rames automotrices des trains de voyageurs. M. Parodi, ingénieur chef du Service électrique de la Compagnie d'Orléans, a proposé un moyen très simple de communication, qui utilise le conducteur même du courant de traction, dans le cas où ce courant est continu. Le courant qui sert à correspondre est un courant périodique, de faible intensité, émis et reçu par induction et qui se superpose sans difficulté au courant de traction. En faisant varier le forme du courant périodique et la durée de ses émissions, on établit entre les deux machines une communication très complète par signaux conventionnels. On peut aller plus loin et employer ces courants secondaires à actionner à distance sur la locomotive du milieu, par l'intermédiaire de relais électriques ou électro-pneumatiques, le contrôleur de mise en marche et le frein à air comprimé. L'électricien de tête devient ainsi complètement maître de la marche et de l'arrêt des deux machines.

L'application de la traction électrique aux manœuvres pour la formation et le débranchement des trains permettra d'obtenir très facilement et très économiquement la gamme de vitesses qu'exige ce service spécial, depuis la vitesse de 1 kilomètre à l'heure nécessaire sur les buttes de triage. D'autre part, l'emploi de tampons magnétiques fera réaliser de grosses économies de personnel d'accrochage tout en diminuant les chances d'accident.

Facilité de conduite. — *Elimination du facteur humain.* — Dans la traction à vapeur, la puissance de la locomotive dépend essentiellement du travail de l'équipe de conduite. Le chauffeur doit assurer une production de vapeur suffisante et le mécanicien doit surveiller intelligemment la marche, sans quoi il rend inutile l'effort du chauffeur. Ces deux agents doivent à chaque instant contrôler les indications du tube de niveau et du manomètre et régler en conséquence le jeu des injecteurs et le chargement du combustible. Il suffit d'avoir fait un voyage sur la locomotive d'un train rapide pour se rendre compte de la somme de travail que doit fournir l'équipe de service. Et cependant, malgré toute sa bonne volonté, il lui est impossible de faire l'heure avec du mauvais charbon ou une eau impure.

Dans la traction électrique, le travail du wattman n'intervient que pour le démarrage, le freinage et la surveillance des signaux. Lorsque le train est démarré, sa vitesse dépend uniquement de la tension aux bornes du tracteur, du poids du train et du profil de la ligne. Le rôle du wattman se borne à couper le courant quand il estime la vitesse suffisante et à donner un coup de frein quand il veut ralentir.

Etant donné la simplicité de conduite des machines électriques, on pourra former un wattman en quelques mois alors qu'il faut plusieurs années pour faire un bon mécanicien d'express. De ce fait, le recrutement du personnel de conduite, et, le cas échéant, son remplacement, sera des plus faciles avec la traction électrique.

Ainsi que cela se pratique déjà au Métropolitain et au Nord-Sud de Paris et en Amérique, le wattman pourra être assis ce qui rendra son travail moins fatigant et plus attrayant.

Sécurité plus grande. — Dans la traction à vapeur, les agents de conduite peuvent être gênés dans l'observation des signaux, par la fumée de la locomotive ou la réverbération du foyer. (Dans un accident récent, le mécanicien du train tamponneur a déclaré qu'il avait été aveuglé par les fuites de vapeur de sa machine). Rien de semblable n'est à craindre avec la traction électrique.

Grâce à l'emploi des manettes de commande de contrôleur, dites *dead man*, un train électrique s'arrête lorsque le wattman indisposé a lâché l'organe du contrôle.

On peut concevoir un block-system automatique au moyen duquel un train pénétrant dans une section déterminée se voit supprimer le courant, si cette section est déjà occupée par un autre train,

c'est ce qui se produirait si le wattman avait par négligence franchit un mât à l'arrêt. Il serait ainsi averti qu'il doit couper immédiatement pour éviter une catastrophe.

Récupération de l'énergie. — *Freinage électrique.* — Avec la traction électrique, on peut, sur une pente, en faisant fonctionner les moteurs en générateurs, récupérer et renvoyer à la ligne de contact sous forme d'énergie électrique, l'énergie représentée par la force vive du train et le travail de la pesanteur, au lieu d'absorber uniquement cette énergie et ce travail dans les freins. Il en résulte une économie sensible dans les frais d'exploitation des usines primaires et une marche plus régulière des machines génératrices.

La récupération ne peut être intéressante que sur des lignes possédant des pentes de 10 millimètres au minimum. Elle est employée avec succès sur certaines installations triphasées italiennes, et en Amérique sur le Norfolk and Western, et sur le Chicago-Milwaukee-Saint-Paul. Un train qui descend une pente peut entraîner un train plus léger sur une rampe voisine, comme si un câble invisible reliait les deux convois (1).

Grâce à l'emploi du freinage électrique par récupération, les dépenses d'entretien dues au remplacement des sabots de frein ont diminué dans d'énormes proportions. On a observé en Italie, que le parcours moyen d'un sabot de frein qui était de 7.500 kilomètres, avant l'emploi de la récupération, s'est élevé à 23.000 kilomètres, avec usage de la récupération, c'est-à-dire a sensiblement triplé, ce qui entraîne une diminution correspondante de l'usure des bandages des roues et des rails de la voie.

Economie de personnel. — Par rapport à la traction à vapeur, l'emploi de la traction électrique procurera une très importante économie de personnel.

Les règlements actuels imposent sur la locomotive la présence de deux agents. On pourra confier la conduite du tracteur au seul mécanicien. Des dispositions seront prises pour que la cabine de manœuvre soit facilement accessible au chef de train qui se substituera au wattmann, en cas de défaillance de ce dernier. On disposera ainsi sur les machines de deux agents exercés qui n'auront pour ainsi dire qu'à observer les signaux et qui jouiront, pour ce simple travail de surveillance, d'une tranquillité et d'un confort absolument inconnus sur une locomotive à vapeur.

En dehors des chauffeurs de route, on pourra supprimer les agents affectés au nettoyage des chaudières, au décrassage et au soufflage des tubes, à la vérification des joints et à la réfection des voûtes, ainsi que tous les charbonniers, les manœuvres préposés aux cendres et scories, les veilleurs de feux, les chauffeurs de dépôt, les chauffeurs de prises d'eau, les conducteurs de monte-charges d'estacade et d'appareils de manutention de combustibles et la majorité des nettoyeurs de dépôt.

D'autre part, l'entretien des tracteurs électriques étant beaucoup plus facile que celui des locomotives à vapeur, de grosses économies de personnel seront réalisées de ce chef.

Pour toutes ces raisons, on peut estimer que le personnel de toute nature affecté à la conduite et à l'entretien du matériel roulant moteur sera diminué des deux tiers. Etant donné qu'un agent coûte actuellement plus de 10.000 francs par an, avec les charges des retraites, on conçoit quel soulagement financier cette économie de salaires apporterait aux Compagnies de chemins de fer.

Pour être juste, nous devons tenir compte du personnel des Centrales, des sous-stations de transformation et des lignes de distribution haute et basse tension ; mais outre qu'il sera beaucoup moins nombreux que celui supprimé, il y a lieu de remarquer qu'il assurera non seulement le service de la traction, mais encore les services d'éclairage et de force motrice des chemins de fer et de l'industrie des pays alimentés par le réseau général de distribution.

Meilleure utilisation du matériel. — Une locomotive à vapeur exige une longue préparation avant la mise en service et à la rentrée au dépôt. Si le feu est déjà en réserve sur la machine, la mise en ordre de marche demande 1 h. 1/2 à 2 heures. Si la machine est froide, il faut compter 3 à 4 heures pour la mise en pression. A la rentrée au dépôt, la mise en réserve d'une locomotive demande une heure environ. Par contre, un tracteur électrique est toujours immédiatement disponible.

Les opérations de grattage et de soufflage des tubes à fumée, de lavage des chaudières doivent être répétées tous les 1.000 à 1.200 kilomètres. En moyenne, une locomotive à vapeur ne travaille pas plus de 6 heures par jour, dont 3 heures de travail utile et 3 heures de préparation et de mise en réserve. Son parcours moyen annuel est voisin de 30.000 kilomètres.

Le tracteur électrique qui n'est jamais soumis à des immobilisations de ce genre et qui peut faire 5 à 6.000 kilomètres sans rentrer au dépôt, aura nécessairement une bien meilleure utilisation que la locomotive à vapeur. Il pourra sans inconvénient travailler en double et même en triple équipe et fournir sans difficulté un parcours annuel de 80 à 100.000 kilomètres. Il en résulte que pour assurer

(1) Voir l'*Electricien*, 1er mai 1920.

un même service, le nombre de tracteurs, qui est déjà diminué du fait de l'augmentation de la vitesse commerciale, se trouve encore réduit par la non-immobilisation du matériel. Ainsi sur le Chicago-Milwaukee-Saint-Paul, 42 locomotives électriques ont remplacé 112 locomotives à vapeur, soit sensiblement dans le rapport de 1 à 3.

Cet avantage est d'autant plus sensible que la ligne électrifiée est plus longue. On pourrait sans difficulté effectuer le parcours Paris-Bordeaux, alors qu'il faut actuellement trois machines à vapeur pour accomplir le même trajet.

Cette propriété des tracteurs électriques de pouvoir effectuer des parcours beaucoup plus longs que les locomotives à vapeur facilitera grandement l'établissement de leurs roulements, de leurs graphiques de marche et permettra *un plus grand espacement des dépôts.*

Par suite de l'augmentation de la vitesse commerciale, les voitures et wagons seront mieux utilisés et le trafic pourra être augmenté sans acquisition nouvelle du matériel roulant. En particulier, pour les trains de fort tonnage, il y aura diminution des embarras éprouvés par les Compagnies de chemins de fer à certaines époques de l'année par suite d'une augmentation passagère du trafic, comme cela se produit par exemple pour le transport des pommes, raisins, vins, primeurs, etc. Accessoirement, la location des wagons étrangers diminuera pour une même Compagnie.

Meilleure utilisation de l'énergie. — Une machine à vapeur, même arrêtée, ou marchant à régulateur fermé, consomme encore du charbon, ce qui occasionne une perte sèche d'énergie en même temps que l'usure et l'encrassage des boîtes à fumée et des tubes. Ce gaspillage de combustible est particulièrement sensible dans les longs stationnements des trains de marchandises et dans les manœuvres des gares de triage. Quand elle ne travaille pas effectivement, une locomotive à vapeur de puissance moyenne consomme environ 20 kilos de charbon à l'heure. Or, on peut dire qu'une telle machine reste constamment allumée entre deux lavages consécutifs. C'est là un point sur lequel glissent systématiquement les défenseurs à outrance de la traction à vapeur qui sortent triomphalement des résultats de consommation obtenus dans des essais soigneusement préparés où la machine fonctionne continuellement à pleine charge et où l'on pèse au début et à la fin de l'expérience le charbon choisi comme par hasard dans les qualités de meilleure capacité calorifique possible.

Un tracteur électrique, au contraire, ne consomme du courant que pendant la durée du travail réel. Nous devons toutefois, convenir qu'avec la traction électrique il y a des pertes continues de courant résultant de défauts d'isolement des lignes. Mais ce déchet d'énergie n'est pas comparable en importance au gaspillage de combustible signalé plus haut.

Avec la traction électrique, le poids mort véhiculé est réduit au minimum. Avec la traction à vapeur, pour les trains de faible tonnage notamment, le poids de la locomotive et du tender est de l'ordre du poids remorqué. De plus, il faut transporter l'eau et le charbon et organiser des trains de combustibles pour alimenter les dépôts du réseau. Tout le combustible brûlé à cet effet est consommé en pure perte.

Economies d'entretien. — Les dépenses d'entretien et de réparations d'une locomotive électrique sont très inférieures à celles d'une locomotive à vapeur de même puissance et comme, pour un service donné, il faut, avec la traction électrique, deux à trois fois moins de tracteurs, l'économie globale réalisée sur ce chapitre sera considérable.

Suppression d'installations fixes. — L'électrification rendra inutiles tous les appareils de manutention de charbon, de cendres, de mâchefers ainsi que le matériel roulant spécial correspondant. Les prises d'eau, les réservoirs, les grues hydrauliques, les conduites d'alimentation deviendront sans objet ainsi que les locaux affectés au lavage des chaudières. Les fosses de piquage et de lavage pourront être supprimées ainsi que les ponts tournants et les plaques tournantes.

Avantages accessoires de la traction électrique. — Suppression du bruit et de la fumée.

Suppression des flammèches et de toutes escarbilles incandescentes.

Propreté plus grande du matériel roulant (avantage nullement négligeable et qui assure à la traction électrique la faveur incontestable du public). On a fait à ce sujet les contestations suivantes : pour un parcours égal, un compartiment, de train électrique n'a fourni que 22 grammes de poussière d'une densité de 0,700 contre 90 grammes de poussière d'une densité de 0,770 pour un compartiment de wagons remorqués par une locomotive à vapeur.

Pénétration possible des gares terminus plus au centre des villes.

Possibilité de construire ces gares terminus à plusieurs étapes, solution adoptée à New-York et qui avait été étudiée pour la gare Saint-Lazare.

Suppression des pertes de temps dues à l'alimentation en eau et en charbon des locomotives à vapeur;

Plus grande stabilité de la locomotive électrique qui est moins sujette, en grande vitesse, aux mouvements de lacet et de galop et qui, grâce à la suppression des réactions oscillatoires, fatigue moins la voie de roulement. Plus grande adhérence, ce qui évite les patinages ; or le patinage use à la fois les rails de roulement et les bandages des roues et entraîne des réactions dans le train au détriment des attelages et des châssis ; l'emploi de la traction électrique réduira donc l'usure et les avaries du matériel roulant, notamment celles des wagons mal attelés ;

Plus grande douceur de mouvement en raison de la suspension sur bogies ; plus grande souplesse c'est-à-dire meilleure disposition pour l'inscription dans les courbes raides.

Conclusion. — De tout ce qui précède, devons-nous conclure à la nécessité de l'électrification générale et immédiate des chemins de fer français ? Nullement, et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, cette électrification générale entraînerait une dépense formidable de premier établissement de l'ordre de 20 ou 30 milliards, que la situation financière actuelle du pays ne permet pas d'envisager.

En second lieu, une ligne électrifiée est incontestablement plus vulnérable, au point de vue militaire, qu'une ligne exploitée à vapeur. Quelques bombes d'avion lancées au début des hostilités sur les centrales immobiliseraient le réseau électrifié qui serait toujours accessible aux locomotives ennemies. Dans l'état d'incertitude politique actuel il n'est pas possible d'exposer le pays à une pareille éventualité.

Mais par contre tout nous engage à exécuter le plus rapidement possible le programme limité précisé au début de cet article, puisqu'il laisse subsister un nombre de locomotives à vapeur suffisant pour les besoins stratégiques. En installant et en exploitant les lignes projetées, nous aurons ainsi l'occasion d'étudier et de mettre au point tous les perfectionnements d'ensemble et de détail du nouveau mode de traction, ce qui permettra de chiffrer avec certitude l'économie qui résulterait d'une électrification générale, le jour où l'état des relations entre peuples rendrait cette opération possible sans danger.

A. Tétrel.
Ingénieur-électricien E. S. E.

Progrès récents en thermo-électricité.

M. Carl Benedichs dans une conférence faite en juin devant l' « Institute of Metals « a exposé les résultats de ses recherches qui démontrent entre autres choses qu'il existe des thermo-courants dans des métaux homogènes, du même ordre de grandeur que les courants dans les thermocouples découverts par Seebech. L'effet thermo-électrique en question ayant été établi, il était logique de déduire l'existence d'un autre effet inverse du premier ; nous verrons que cet effet inverse existe bien.

DIMINUTION DE CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE D'UN MÉTAL DIVISÉ EN PLUSIEURS SECTIONS

Comme point de départ l'auteur a vérifié le fait que la conductibilité thermique d'un conducteur hétérogène est dûe, dans une certaine mesure, aux courants de Seebeck transportant de la chaleur par l'effet Peltier. Si une explication analogue est encore bonne pour un métal homogène, il faut conclure que pareillement la conductivité calorifique d'un métal solide doit décroître si le métal est divisé en fibres isolées. Pour vérifier ce point, deux conducteurs de même métal, de même longueur, de même section, donc de même conductibilité électrique furent employés ; l'un consistait en 2.700 fils de cuivre recouverts d'une très mince couche isolante, tandis que l'autre consistait en un cylindre fait de feuilles de cuivre solidement pressées l'une contre l'autre. On trouva chaque fois que la conductivité du premier conducteur était de 5 à 10 % inférieure à celle de l'autre conducteur.

D'où la conclusion importante : en divisant un métal en plusieurs sections isolées, il est possible de diminuer la conductivité calorifique sans modifier la conductivité électrique.

Ce fait tend à confirmer l'hypothèse qu'une partie de la conductivité thermique des métaux est due à des thermo-courants intérieurs transportant de la chaleur par effet Thomson.

EXPÉRIENCES DIRECTES : DÉVIATIONS DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Les expériences suivantes furent faites pour démontrer l'existence de thermo-courants dans des métaux homogènes de température variable.

Supposons une mince plaque verticale de métal

de forme rectangulaire chauffée sur la moitié droite du bord supérieur et refroidie sur la moitié droite du bord inférieur. La chute de température dans la plaque ne sera pas symétrique le long de la ligne médiane et selon l'hypothsèse fondamentale dont il reste à vérifier l'exactitude, un courant fermé pourra prendre naissance dans la plaque; si celle-ci est suspendue dans un champ magnétique horizontel parallèle à son plan, la torsion de la plaques s'ensuivra. La figure 1 représente deux telles plaques fixées à une mince tige en verre qui porte un miroir à sa partie inférieure. Le chauffage est effectué aux deux extrémités au moyen de deux fils en nichrome indiqués sur la figure. Des mesures faites dans le champ d'un électro-aimant, d'abord dans une direction, puis dans l'autre, montrèrent une déviation sensible et mirent en évidence le parallélisme remarquable entre le nouvel effet thermo-électrique et l'effet Thomson.

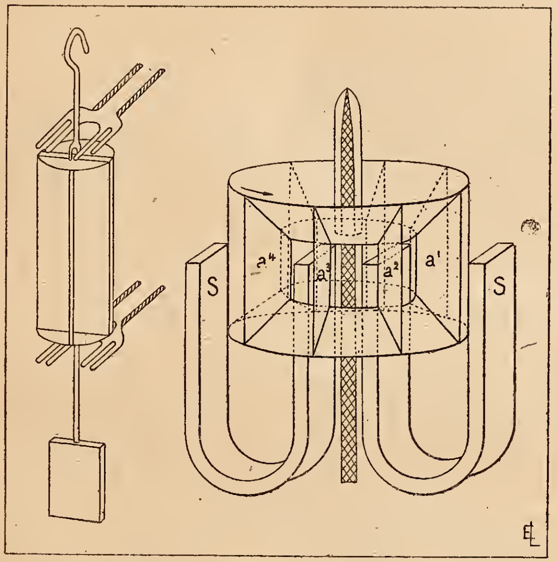


Fig. 1. Fig. 2.

Les moments de torsion observés étaient si considérables qu'un moteur thermo-électrique basé sur ce principe fut construit. Il est indiqué (fig. 2). La roue légère est faite en cuivre mince électrolytique. L'anneau supérieur ou inférieur étant chauffé les sections *a* 1, *a* 2, etc... deviennent le siège de courants dissymétriques qui entraînent la rotation du système aussi longtemps que l'on y applique la chaleur.

EXPÉRIENCES DIRECTES AVEC UN GALVANOMÈTRE

Des expériences furent faites avec un galvanomètre pour confirmer ces résultats; on se servit d'un fil de platine recuit. On obtint des déviations constantes du galvanomètre, mais si faibles que pour augmenter les forces électromotrices il fallut augmenter la dissymétrie thermique du fil. Il fut possible d'obtenir ainsi avec un fil de tungstène de 2 mm de diamètre une force électromotrice d'au moins 19 millivolts.

L'EFFET THERMO-ELECTRIQUE DANS LE MERCURE

On pouvait objecter à ces résultats le manque d'homogénéité ou les efforts intérieurs qui existent dans un métal solide. Pour montrer que les courants existent encore dans un métal liquide, l'auteur fit une série d'expériences avec du mercure et obtint le même effet thermo-électrique.

On peut donc conclure positivement que le courant calorifique cause le courant électrique et inversement.

L'EFFET HOMOGÈNE ELECTRO-THERMIQUE

De même que l'effet Peltier est l'inverse de l'effet Seebeck, on pouvait s'attendre à ce qu'il existe un effet homogène électro-thermique inverse de l'effet homogène thermo-électrique.

Des expériences montrèrent qu'en effet on constate une différence de température pour un même métal proportionnel à l'intensité du courant qu'on fait passer; elles donnèrent le même résultat pour des métaux solides et pour le mercure. On constata :

1° Que le coefficient de l'effet homogène électro-thermique augmente considérablement avec la température;

2° Que l'effet est proportionnel à la densité de courant;

3° Que dans l'effet homogène électro-thermique. pour tout métal donné, la différence de température est proportionnelle à la différence de potentiel.

REMARQUES FINALES

L'effet homogène électro-thermique semble présenter un intérêt pratique en métallographie à cause de son extrême sensibilité aux changements locaux et au manque d'homogénéïté des métaux. En outre, les nouveaux résultats obtenus pourront être d'un certain intérêt en relation avec les effets galvano-magnétiques et thermo-électriques.

M. G.

ERRATA — *Dans l'article sur « l'étalonnage des compteurs » paru dans le numéro du* 15 *novembre, lire à l'avant-dernier alinéa, p.* 483 : « La méthode... est donc celle dite des 3 wattètres. » *In fine*, lire, A. Segond, ingénieur du service des essais.

Les Carrières administrat

Les réseaux de chemins de fer français viennent de publier les « conditions d'admission des candidats anciens élèves de taines Ecoles ou pouvus de certains diplômes ». Il nous a paru intéressant de faire connaître à nos lecteurs l'opinion des geants des réseaux sur les services qu'ils peuvent attendre des Elèves de nos Ecoles, en particulier nous avons indiqué en ita

COMPOSITION DES GROUPES

(Sauf observation contraire, les indications ci-dessous ne s'appliquent qu'aux anciens élèves ayant suivi le cycle complet des études de l'école désignée et en sortant avec le grade ou le diplôme le plus élevé)

1

GROUPE I	Ecole Polytechnique Ecole Centrale de Paris (Ingénieurs des Arts et Manufactures) Ecole Supérieure des Mines de Paris (Ingénieurs Civils des Mines) Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (Ingénieurs Civils des Ponts et Chaussées) Ecole d'application du Génie Maritime Architecte diplômé de l'Ecole des Beaux-Arts
GROUPE II	Licencié ès-Sciences (1) *Ecole Supérieure d'Electricité (Ingénieurs électriciens diplomés)* (2) Ecole Forestière (Elèves diplômés) Ecole des Mines de Saint-Etienne (Ingénieurs Civils des Mines) *Ecole Municipale de Physique et de Chimie Industrielle de Paris* Licencié ès-Lettres — Ecole des Sciences politiques — Docteurs en droit ayant au moins un an e stage dans un cabinet d'avocat au Conseil d'Etat ou à la Cour de Cassation ou dans une étu d'avoué, de notaire ou d'agréé.
GROUPE III	*Instituts Electrotechniques et Mécaniques de Lille, Nancy, Grenoble et Toulouse (Ingénieurs électrici diplomés)* (2) Institut Industriel de Lille (Ingénieurs mécaniciens) *Ecole Spéciale de Travaux Publics (Diplôme supérieur)* (2) Ecole de Saint-Cyr Admissibles au 2e degré à l'Ecole Polytechnique Ecole Centrale de Paris (Certificat de capacité) Ecoles Nationales d'Arts et Métiers et Ecoles d'Arts et Métiers libres de Lille et de Reims (Bre d'Ingénieur) *Ecole Centrale de Lyon (Ingénieurs de 1re classe)* Ecole d'Ingénieurs de Marseille (Diplôme d'Ingénieur) Institut Agronomique de Paris Conducteur des Ponts et Chaussées Contrôleur des Mines Docteurs en droit
GROUPE IV	Ecoles Nationales d'Arts et Métiers et Ecoles d'Arts et Métiers libres de Lille et de Reims (Elè diplômés) (2) *Ecole Centrale de Lyon (Ingénieurs de 2e classe)* (2) Ecole d'Ingénieurs de Marseille (Elèves pourvus du certificat) Admissibles au 2e degré du Concours de Conducteur des Ponts et Chaussées — — de Contrôleur des Mines Licencié en droit, Ecole des Hautes Etudes Commerciales (Diplôme supérieur)
GROUPE V	Ecoles Nationales professionnelles (Diplôme de 4e année) (2) *Ecole Bréguet* (2) *Ecole pratique d'Electricité Industrielle (rue Belliard)* (2) *Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle (rue Violet)* (2) *Conservatoire National des Arts et Métiers (Diplôme supérieur)* Ecoles d'Horlogerie de Cluses et de Besançon (2) *Instituts Electrotechniques de Nancy, Grenoble, Toulouse (Conducteurs électriciens)* (2) Ecoles Nationales d'Agriculture (Grignon, Montpellier, Rennes) (Ingénieurs agricoles) (2) Admissibles au 1er degré du Concours de Conducteur des Ponts et Chaussées — de Contrôleur des Mines Candidats reçus aux Ecoles Nationales d'Arts et Métiers (2) Ecoles supérieures de Commerce (2)
GROUPE VI	Bachelier complet Brevet supérieur Ecole Supérieure Pratique de Commerce et d'Industrie de Paris (2) Ecole Diderot (Diplôme de la Division Supérieure) (2) Adjoint technique des Ponts et Chaussées

(1) Certificats présentant un intérêt pour le chemin de fer.
(2) Les premiers numéros.

s pour les Electriciens.

Ecoles d'Electricité assimilées. On voit que les élèves du groupe II sont assimilés à des Ing., des groupes III et IV à des Ing. aticiens, du groupe V à des conducteurs électriciens les traitements variant de 7.600 (Ech. 14) pr les 1er à 5.725 (Ech. 10) es derniers. Il y a lieu d'ajouter à ces traitements des avantages divers, notamment 1.200 fr. d'indemnité de résidence à Paris.

DÉSIGNATION des SERVICES	RÉMUNÉRATION MAXIMA des « ATTACHÉS » lors de leur commissionnement, abstraction faite des bonifications spéciales prévues d'autre part et non compris l'allocation exceptionnelle du temps de guerre, les allocations pour charge de famille et l'indemnité de résidence.					TOTAL des COLONNES 4, 6 et 7	ÉCHELLE LA PLUS ÉLEVÉE DE CELLES DES EMPLOIS auxquels les « attachés » peuvent être nommés sans être inscrits sur le tableau d'aptitudes (Article 3 du Livre 1er du Statut)
	INDICE de l'échelle	ÉCHELON	ANCIENNETÉ dans l'échelon	PRIME	GRATIFICATION NORMALE correspondant au traitement de la colonne 4		
2	3	4	5	6	7	8	9
Tous Services	14	7.650	6 mois	»	880	8.530	Echelle 15
Matériel	12	6.900	6 mois	1.200	550	8.650	
Traction	6 *bis*	5.650	0	2.300	300	8.250	
Tous Services	12	6.900	0	»	700	7.600	Echelle 14
Matériel	11	6.050	9 mois	1.100	475	7.625	
Traction	6 *bis*	5.300	18 mois	2.000	280	7.580	
Tous Services (*Bur. administr.*)	10	6.300	0	»	600	6.900	Echelle 10
Tous Services	11	6.050	18 mois	»	570	6.620	Echelle 12
Matériel	10	5.300	21 mois	1.000	370	6.670	
Traction	6 *bis*	5.300	12 mois	1.100	280	6.680	
ous services (Bur. Ad)	10	5.800	20 mois	»	550	6.350	Echelle 10
Tous Services	10	5.800	8 mois	»	525	6.325	Echelle 10
Matériel	9	5.100	18 mois	1.000	330	6.430	
Traction	6 *bis*	5.300	6 mois	1.000	265	6.565	
Tous Services (*Bur. administr.*)	10 ou 8	5.800	8 mois	»	525	6.325	
		5.300	6 mois	»	425	5.725	
Tous Services	8	5.300	0	»	425	5.725	Echelle 10
Matériel et Traction	e	4.400	12 mois	975	135	5.410	
Tous Services	7	4.700	9 mois	»	335	5.035	Echelle 8
	ou 5	4.300	0	»	260	4.560	
Matériel et Traction	d	4.300	0	825	85	5.210	

Nota. — Les échelles de la colonne 9 ne concernent que les emplois qui ne comportent pas de primes.
Lorsqu'un attaché est nommé dans un emploi définif comportant des primes, il est tenu compte de ce fait pour la désignation de l'échelle à lui attribuer.

Le Chauffage par Radiateurs électriques.

++++++++++

Malgré l'opinion qu'il n'y aurait aucun avantage au point de vue de la consommation du combustible à employer le courant électrique au simple chauffage, le chauffage électrique supprime néanmoins la manutention de combustible, la poussière et permet d'obtenir une chaleur agreable pouvant être exactement proportionnée aux besoins par la simple manœuvre d'interrupteurs.

A ce point de vue, d'une part et si l'on envisage les intermédiaires et les manutentions nombreuses que le charbon doit subir pour arriver de la mine aux foyers domestiques et l'extrême division de ceux-ci, d'autre part, on se demande si l'intérêt général ne recommanderait pas au contraire de développer le chauffage électrique.

Dans ce mode de chauffage le nombre d'appareils installés peut être réduit par la facilité qu'ils ont d'être aisément déplaçables, d'où économie appréciable des frais de premier établissement et supériorité sur les autres systèmes de chauffage par radiateurs.

Des appareils très divers, quant à la présentation et la construction sont apparus successivement sur le marché français, augmentant ainsi l'embarras du consommateur déjà hésitant dans le choix d'un appareil.

Le nombre de types s'accroîtra encore avec les tarifs spéciaux que les secteurs n'hésiteront pas à accorder par la suite aux abonnés utilisant le courant comme source de chaleur. Cet emploi constitue, en effet, une utilisation de l'énergie électrique susceptible d'améliorer le facteur de charge de certains réseaux.

Dans la recherche du nombre de calories à dépenser pour le chauffage d'une pièce quelconque, on tient compte de la perte de chaleur occasionnée par les parois, déperdition qui est variable avec la nature de ces parois, leur exposition, leur épaisseur, leur composition, de la température extérieure, du nombre de fenêtres et de portes.

Chaque élément correspond à un coefficient qui, avec le cube d'air à chauffer sert à déterminer le nombre de calories à répartir dans la salle.

Pour des cas simples, la graphique donné dans un numéro précédent est largement suffisant (1).

Toutefois, l'expérience a montré qu'il est plus économique de prévoir l'appareil de puissance supérieure à celle qui est strictement nécessaire pour permettre l'usage d'une réserve en cas de besoin imprévu.

Il y a intérêt de chauffer rapidement une pièce avec une consommation élevée de courant pendant une courte période et de maintenir ensuite la température avec une consommation réduite, que d'en élever lentement la température avec une faible consommation.

Les radiateurs électriques sont basés sur la loi de Joule : un fil parcouru par un courant électrique s'échauffe et par une mesure calorimétrique, on peut évaluer la quantité de chaleur dégagée dans le fil pendant un temps déterminé. Joule a trouvé ainsi expérimentalement que la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle à la résistance du fil, au carré de l'intensité du courant, au temps.

$$q = A\, r\, i^2\, t$$

A étant un coefficient de proportionnalité dépendant des unités choisies.

Le mode de répartition des calories produites, conduit à 3 catégories d'appareils distinctes :

Les appareils à convexion;

Les appareils à rayonnement et convexion;

Les appareils à rayonnement.

Au point de vue chauffage pur, ces appareils devraient remplacer les calories perdues aux points où celles-ci ont disparu, c'est-à-dire aux parois. Il n'en est pas ainsi et les calories émises à l'endroit où est placé le radiateur s'acheminent vers leur destination soit au moyen de l'air qui agit comme agent d'échange, soit au moyen des rayons calorifiques (fig. 1).

Dans le premier cas, il faut que l'air soit plus riche en calories qu'il n'est nécessaire à notre corps pour lui provoquer la sensation de bien-être, puisqu'il se refroidira au contact des murs ; d'autre part, avec les variations de densité de l'air suivant la température, il se produira des couches à températures différentes s'il n'y a pas un brassage quelconque ; il en résulte des effets désagréables sur les personnes sensibles.

Dans le cas d'appareils à rayonnement, les rayons calorifiques émanés de la source de chaleur échauffent les objets qu'ils rencontrent ou les murs qui forment écrans ; de plus, ces appareils étant généralement disposés à terre, c'est à la base même des parois que les rayons agiront.

L'action de ces appareils est analogue à celle des cheminées tant préconisées par les hygiénistes, sans présenter les inconvénients d'un tel mode de chauffage.

Nombre de constructeurs se sont ingéniés à présenter leurs appareils sous une forme rappelant celle de cheminées (fig. 2 et 3).

L'effet psychologique produit par ces appareils

(1) Comment utiliser le chauffage électrique à Paris ; *L'Electricien* du 30-12-1919.

n'est pas à dédaigner sans toutefois tomber dans l'excès des constructeurs qui, concentrant suivant une même direction les rayons produits par un foyer de quelques cents watts, affirment que leurs appareils chauffent autant que d'autres dix fois plus puissants.

Au point de vue construction, nous diviserons les radiateurs en deux classes suivant qu'ils sont à lampes lumineuses ou à fils résistants.

Fig. 1. — Radiateur avec réflecteur orientable.

Radiateurs à lampes. — Dans ces appareils, l'élément chauffant est constitué par une lampe électrique de grandes dimensions. Le filament qui a quelques dixièmes de millimètres de diamètre (6 environ) et une trentaine de centimètres de longueur, est de même constitution que ceux des filaments des lampes dites au carbone.

Ces lampes sont établies pour fonctionner normalement sous 110 volts et absorbent en moyenne 300 à 330 watts.

On ne dépasse pas le nombre de 4 lampes, soit 12 hectowatts, groupées en groupes de deux, commandés chacun par un interrupteur permettant plusieurs allumages.

Le verre de l'ampoule est généralement dépoli pour assurer une répartition uniforme. Pour utiliser totalement les rayons calorifiques émis par les lampes, celles-ci sont placées devant un réflecteur plan en cuivre rouge qui renvoie les rayons reçus par lui.

Le chauffage est gai à l'œil et instantané mais les lampes sont fragiles et de durée limitée. Ce genre d'appareils permet une décoration très variée, dans dans le style de l'ameublement qu'il doit compléter.

Appareils à fil résistant. — Dans tous les appareils autres que ceux à lampes chauffantes, la résistance est composée par un fil résistant de grande longueur placé sur un support approprié.

L'ensemble doit répondre aux principales conditions suivantes :

1° L'énergie absorbée par la résistance sous forme de chaleur, doit se dissiper sans qu'il y ait détérioration mécanique ou chimique ;

2° La nature du métal et la forme des résistances doivent être étudiées en vue de réduire au minimum leurs dimensions et d'obtenir une surface de refroidissement convenable suivant la catégorie de l'appareil.

3° Toutes les parties des accessoires et du cadre doivent être incombustibles.

La valeur de la résistance se détermine d'après l'intensité qu'on veut absorber, c'est-à-dire pour un voltage déterminé d'après le nombre de watts qu'on veut transformer en calories, et surtout le coefficient K qui est le quotient de la puissance dépensée dépensée en watts par la surface de refroidissemente

Soit I le courant traversant le fil.

R — la valeur de la résistance du fil en ohms.

L — sa longueur.

d — son diamètre en centimètres ;

S — la surface de refroidissement en centimètres carrés ;

P — la puissance absorbée en watts ;

f — la résistance spécifique en ohms-centimètres.

K — le coefficient ci-dessus $\frac{P}{S}$;

s — la section du fil en centimètres carrés ;

On a :

$$a)\ s = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$b)\ S = \pi d I$$

$$c)\ R = \frac{4 f I}{\pi d^2}$$

$$d)\quad P = S K \quad P = R I^2 = \frac{4 f L I^2}{\pi d^2}$$

$$\text{de } d) \text{ on tire } P = \pi d L K = \frac{4 f L I^2}{\pi d^2}$$

$$\pi^2 d^3 K = 4 f I^2 \quad \text{et} \quad d^3 = \frac{4 f I^2}{\pi^2 K}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 f I^2}{\pi^2 K}} \quad (a)$$

Le coefficient K dans les appareils à convexion est pris égal à 1 environ par centimètre carré et pour des appareils à rayonnement il varie de 23 à 10 suivant le diamètre.

Le métal choisi pour l'établissement d'un radiateur doit avoir une résistance convenable pour que

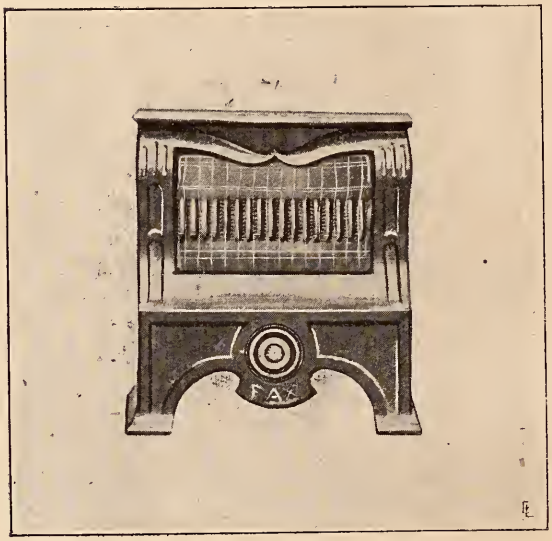
la longueur du fil employé ne soit pas exagérée et que sa durée ne soit pas compromise.

Certains métaux trop résistants sont d'un prix très élevé et leur résistivité se modifie avec les hautes températures auxquelles ils sont soumis. Ils deviennent cassants et s'oxydent très vite. Ils sont en outre difficiles à travailler.

Ce sont ces raisons qui ont fait abandonner le ferro-nickel dont la résistivité est de 75 microhms c-m, et qui, malgré cette qualité est d'un emploi restreint.

Le fer est moins résistant (10 microhms c-m); en outre, il est très oxydable et devient cassant très rapidement. Il est peu employé.

Actuellement plusieurs constructeurs emploient le « Chromnickel » des Ateliers P. Plancher qui



Fig, 2. — Cheminée à 1 élément « Fax ».

possède les caractéristiques suivantes :

Résistance spécifique : 100 microhms c-m à 24°.

Coefficient de température : 0,00044 par 1° C.

Poids spécifique : 8,15.

Charge de rupture : 75 kgs par millimètre carré.

Allongement : environ 15 %.

Température de régime : 1100°C pendant 2000 h.

Point de fusion : environ 1530°C.

La composition de ces fils certainement à base de fer, chrome, nickel et d'autres métaux, reste la propriété des fabricants qui la conservent jalousement.

L'absence de fils répondant aux conditions ci-dessus avait pendant longtemps été une des causes causes de l'insuccès du chauffage électrique.

Au lieu de fil résistant on peut employer une pellicule d'un métal convenable, déposée sur une surface isolante. Ce procédé qui n'est pas répandu en France constitue une application de l'électrométalliseur Shoop : on applique un pochoir approprié sur une plaque non conductrice pierre ou porcelaine et résistant à la chaleur et l'on dispose une couche de métal. A l'aide d'une petite meule, on enlève l'excès de métal (1).

Un autre procédé, exploité par la « Résistance électrique », emploie une matière pulvérulente comprimée formant une résistance discontinue agissant par la résistance propre de la matière et la résistance de contact entre les particules voisines.

La matière employée qui se présente sous une couleur verdâtre serait inoxydable et infusible dans

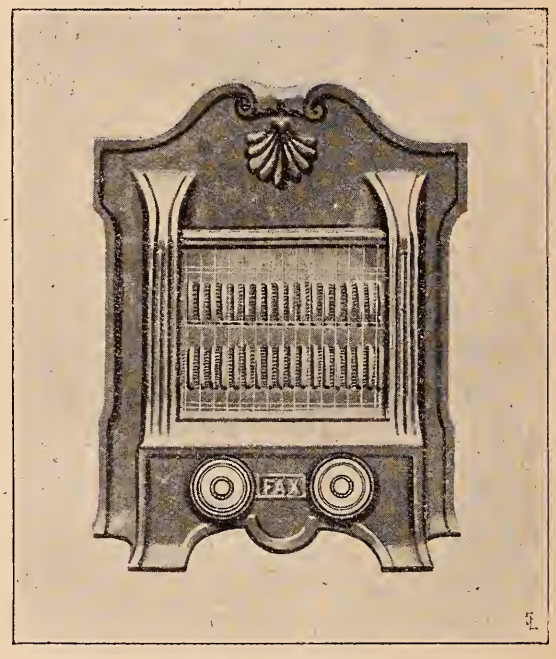


Fig. 3. — Cheminée à 2 éléments « Fax ».

des conditions normales de chauffe, jusqu'à 1400° C.

Sa résistivité varierait selon les cas de 100 microhms c-m jusqu'à 40 ohms c-m.

Dans la formule (a) nous avons parlé d'un coefficient K quotient de la puissance dépensée en watts par la surface de refroidissement, or cette puissance dissipée par rayonnement est fonction pour un fil déterminé de la quatrième puissance de la température de ce fil d'après la loi de Stéfan et Boltzmann :

$$P = at^4$$

a, étant une constante ;

t, la température du fil donnée par un pyromètre à absorption.

Dans les appareils à rayonnement, il y a donc

(1) Elektroindustrie du 15-6-19.

intérêt à augmenter la température du fil résistant. Mais pour cela il faut que ce fil soit d'un diamètre constant, d'une homogénéité parfaite et qu'il supporte les variations de tensions. Il ne doit donc pas être poussé, sinon on risquerait de tomber dans le défaut des lampes électriques au moment de l'apparition des 1/2 watts.

Un autre point très important dans la construction des appareils de chauffage électrique et qui est une cause d'une grande diversité de modèles, réside dans le choix, la nature du support de la résistance.

On le trouve constitué dans les appareils ordinaires par une plaque d'un composé d'amiante autour de laquelle est enroulé le boudin de fil résistant ; le tout est protégé par une tôle perforée. Aucune directive bien définie ne semble avoir présidé à la construction de ce genre d'appareils si ce n'est le prix de revient. L'emploi n'en est pas à recommander car le fil par ses dilatations successives se déplace, le support se déforme, et les court-circuits entre spires sont fréquents, d'où mise hors d'usage du radiateur.

Un support très employé actuellement est le fil d'amiante silicaté. Avec le fil résistant on constitue une véritable toile à mailles plus ou moins espacées suivant le montage ultérieur. Sur l'un ou les deux côtés de la trame ainsi formée sont ménagées autant de sorties de fil qu'il est besoin pour réaliser des prises de courant en nombre variable, correspondant à des réglages de la température du radiateur.

L'inconvénient de ce montage est la formation à haute température d'une réaction de la silice du support avec les alliages nickel-chrome, préjudiciable à la conservation du fil.

Cette disposition a été également employée par une maison d'installation pour la construction de ses résistances de jeu d'orgue pour théâtres. L'encombrement, qui allait constamment en augmentant avec les exigences de la scène moderne, a pu être considérablement réduit avec ce système.

Ces toiles chauffantes ont été montées de différentes manières par des fabricants de radiateurs. L'un d'eux les tend sur des supports placés un peu au-dessous du centre d'une cage métallique ouverte à sa partie inférieure. Cette cage est montée sur pieds et percée de trous au sommet et vers le bas. Sous la dernière toile est montée une lampe témoin rouge qui s'allume lorsque l'appareil est en circuit et reste allumée tant que le radiateur fonctionne.

Dès que les toiles sont chauffées par le courant, il se crée une colonne d'air chaud qui sort par les trous percés au sommet. Cet appareil est donc à classer dans la catégorie des appareils agissant par convexion.

Un autre fabricant monte ses toiles, à mailles plus serrées, verticalement devant une plaque réfractaire et le tout dans un cadre décoré.

Le fil est plus poussé et est porté au rouge, l'ensemble réalise une cheminée électrique agissant par rayonnement.

Chaque moitié de la toile est commandée par un interrupteur qui permet le réglage.

Dans ce genre d'appareil, le chauffage est instantané mais il n'y a pas de volant calorifique.

Une maison a employé le support du fil résistant pour réaliser une masse capable d'emmagasiner les calories produites et de les restituer très lentement (1). C'est le principe qui, du reste, régit la construction des cheminées dites prussiennes.

Le support a été également employé mais dans un autre but, par des constructeurs : celui de transmettre par rayonnement la plus grande proportion des calories produites.

Ce support, en matière réfractaire et non conductrice, est porté à une température voisine de celle du fil et émet à son tour des rayons calori-

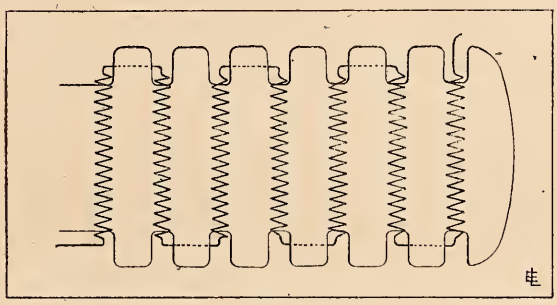


Fig. 4.

fiques. De plus ce support sert de volant calorifique assez faible, il est vrai. Ce principe avait été adopté dans les radiateurs à gaz Kern, dans lesquels la flamme de becs Bunsen échauffe par contact des languettes de terre réfractaire qui se trouvent portées au rouge.

Avec ces supports, le fil, enroulé en spirale, est accroché devant eux, en zig-zag (fig. 4).

Dans le « Fax » le fil est de plus légèrement encastré dans la gorge de rondelles de terre réfractaire montées sur un axe métallique amovible.

Le spirale est alors protégé par ces disques et l'ensemble constitue un élément de chauffe robuste et élastique, pouvant se dilater librement suivant l'axe.

De plus, le fil est porté au rouge vif et l'ensemble du support est porté au rouge et rayonne.

(1) L'*Electricien* du 1er avril 1920.

Dans les différents systèmes décrits jusqu'à présent, le fil chauffant était à l'air libre. Avant les résultats satisfaisants obtenus avec les fils nus par suite de la qualité de ceux-ci (un constructeur garantit trois ans ses éléments de chauffe) on a cherché à les soustraire à l'action pernicieuse de l'air ambiant, en les protégeant à l'aide d'une enveloppe non conductrice du courant, résistante aux efforts de dilatation et aux chocs.

C'est au quartz qu'on a eu recours pour la confection de ces enveloppes.

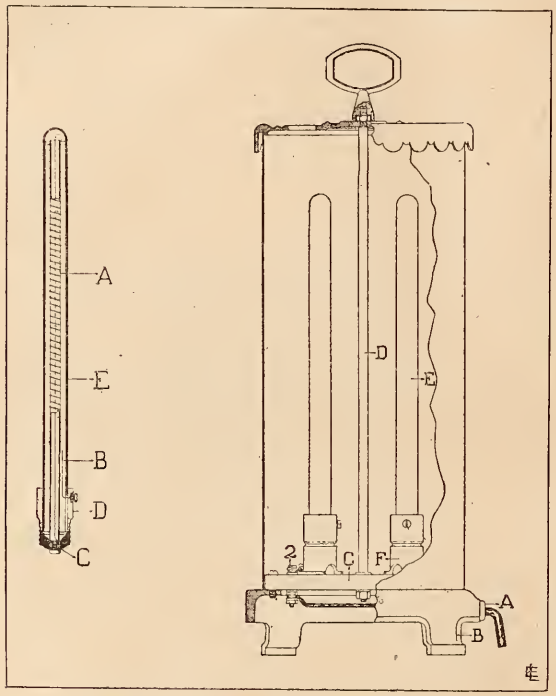


Fig. 5. — Eléments « Thermoquartz ».
LÉGENDE : *Elément separé.* A, tube intérieur. — B, fil de résistance. — CD, attaches du fil. — *Elément monté.* A, passe-fil, — B, socle. — C, plaque isolante. — D, tige-support. — E éléments de chauffage. — F, douilles de montage.

Dans le système C.-O. Bastian le fil en spirale est tendu à l'intérieur d'un tube de quartz de faible diamètre (6 millimètres environ).

Le tube, lorsque le fil est sous courant, devient rouge également et agit comme une baguette radiante.

Les tubes complets ont une capacité de 125 watts environ.

On les dispose en parallèle entre les deux montants d'un cadre. Ils sont facilement interchangeables, et relativement peu coûteux. Ils ne craindraient pas les projections d'eau et chauffés à blanc, ils peuvent être immergés dans l'eau froide sans aucune crainte de détérioration. La durée en service serait de deux années.

Dans le système du « Thermoquartz » le fil est enroulé autour d'un premier tube de quartz, une de ses extrémités passe à l'intérieur dudit tube et va se connecter par une vis de serrage, à un plot central d'un culot genre Edison. L'autre extrémité va rejoindre la partie extérieure du culot (fig. 4).

Pour protéger l'ensemble de l'air ambiant, une gaine, fermée à une extrémité, également en quartz, enveloppe le fil et son support et est scellée dans le culot.

Le tout peut résister sans bris à la chaleur émise par le fil dont le température est de 800° C et à l'air extérieur.

Cet élément se visse dans une douille fixée à la base du radiateur. Il absorbe de 900 à 1.000 watts sous 50 à 55 volts. On les monte donc deux par deux ou quatre par quatre suivant la tension du réseau sur lequel ils sont branchés. Ces radiateurs sont garantis un an avec facilité d'échanger les éléments usagés.

Les quelques indications données plus haut permettront, étant donné l'emploi qu'on exigera d'un radiateur, de se fixer suivant le cas, la catégorie dans laquelle on devra porter son choix, puis suivant la durée garantie, le prix de vente de l'appareil, d'arrêter le type convenable.

R. WOLFF.

CHRONIQUE

LAMINOIR A COMMANDE ÉLECTRIQUE le plus puissant du monde.

D'après le journal *Electrician*, ce laminoir permet d'obtenir, en partant du traitement d'un bloc de 10 tonnes, une plaque de 9,5 millimètres d'épaisseur, de $2^m,75$ de largeur et de 30 mètres de longueur.

Les rouleaux dont ce laminoir est formé ont un diamètre de 1 mètre et une longueur de $2^m,90$.

L'entraînement de ces rouleaux se fait à l'aide d'un manchon élastique d'accouplement, qui attaque un volant formé de deux moitiés pesant chacune 30 tonnes, soit au total, pour ce volant, un poids de 60 tonnes. Chaque moitié de ce volant est formée de trois pièces, dont deux concentriques, placées à l'extérieur, et la troisième placée à l'intérieur et au centre.

Lorsque ce volant tourne à la vitesse de 600 tours par minute, il emmagasine une énergie de 46.900 pieds-tonnes ; lorsque cette vitesse passe de 600 à à 500 tours à la minute, la puissance développée est de 85.000 chevaux.

La commande du laminoir est faite par plusieurs

moteurs électriques dont la puissance absorbée s'élève, au total, à 20.500 chevaux.

Les moteurs sont alimentés par du courant triphasé à la fréquence, 40 périodes par seconde et à la tension de 2.750 volts.

Chaque groupe principal comprend deux moteurs. Ces moteurs travaillent à 800 volts chacun par rapport à la terre, par suite du dédoublement de chaque groupe en deux moitiés, dont le milieu est relié à la terre. Les enroulement des stators sont combinés pour permettre de passer à la fois rapidement et sans choc de la marche directe à la marche inverse.

En raison de la vitesse élevée à laquelle fonctionne ce laminoir, un graissage abondant et de fonctionnement sûr doit être prévu, notamment avant la mise en vitesse de l'appareil. Un moteur électrique auxiliaire entraîne la machinerie de graissage à la vitesse de 40 tours à la minute.

La majeure partie de la puissance fournie aux moteurs est produite au siège même de l'usine qui utilise le laminoir, l'autre partie est fournie par une compagnie de distribution ayant une centrale à proximité de l'usine métallurgique en question.

R. S.

LA VENTILATION DES MOTEURS DE TRACTION

Les moteurs de traction ventilés se différencient des moteurs de traction normaux complètement fermés du fait qu'ils sont munis, à l'intérieur de la carcasse, d'un ou plusieurs ventilateurs aspirant l'air et le distribuant dans le moteur. On peut ainsi augmenter la puissance sans modifier le poids, ou, ce qui revient au même, diminuer le poids (et le prix) pour une même puissance.

Pour que le refroidissement soit efficace, il convient de le réaliser également sur le rotor, le collecteur et les enroulements inducteurs, de telle façon qu'en service normal, toutes ces parties subissent un échauffement à peu près semblable. Le passage de l'air, soit uniquement le long du rotor et du collecteur, entre les bobines de champ, soit seulement à l'intérieur du rotor et du collecteur, se réalise facilement au point de vue constructif, mais le but cherché ne se trouve pas atteint, ainsi que l'a montré l'expérience. L'application simultanée de ces deux moyens ne suffit pas non plus, car l'air se réchauffant pendant son parcours, une partie du moteur recevra de l'air froid, tandis que d'autres seront parcourues par de l'air plus ou moins chaud.

La meilleure méthode de refroidissement consiste dans l'emploi simultané de deux courants d'air au lieu d'un, de façon que les enroulements inducteurs, aussi bien que l'intérieur du rotor et du collecteur soient parcourus par de l'air froid.

Il est de toute importance que l'introduction de poussière, d'eau ou de neige soit empêchée, sans gêner le refroidissement. On a tout d'abord conservé le type de moteur complètement fermé, mais le refroidissement était illusoire, car l'air circulant constamment à l'intérieur du moteur emmagasinait de la chaleur. Il est donc nécessaire de ménager des ouvertures pour l'entrée d'air frais, mais alors le moteur n'est plus entièrement protégé des poussières, eau et neige, et ne pourra convenir sur les routes poussiéreuses ou dans les régions à hiver rigoureux. Il n'en est plus de même avec les moteurs ventilés, qui donnent les meilleurs résultats à ce point de vue.

Dans un moteur ventilé, un ventilateur en tôle de fer est solidement fixé au corps du rotor au moyen de boulons et fonctionne comme double ventilateur. Le premier aspire l'air froid du côté de la roue dentée du moteur et ne sert qu'au refroidissement des bobines inductrices et de la surface du rotor et du collecteur; le deuxième aspire l'air du côté collecteur et le distribue à l'intérieur du collecteur et du rotor, ainsi qu'aux bobines inductrices.

En service, l'échauffement des différentes parties se fait d'une façon à peu près homogène. De plus, la surface du collecteur, qui est la région la plus délicate, reçoit l'air lorsqu'il a déjà passé à travers tout le moteur, c'est-à-dire un air plus ou moins pur, et la direction du courant d'air est telle que la poussière de charbon ne peut être déposée sur les enroulements du rotor et des inducteurs, mais est immédiatement soufflée à l'extérieur du moteur. Ce fort courant d'air maintient propres le collecteur et les porte-balais.

Les deux sections d'entrée, bien protégées par des treillis à mailles fines, sont placées dans les flasques-paliers latéraux. Elles sont suffisamment grandes pour que la vitesse d'entrée de l'air soit faible et la quantité de poussière introduite minime. L'ouverture de sortie est sous le collecteur : une tôle de protection à l'intérieur empêche l'introduction de corps étrangers.

Avec un refroidissement normal, la puissance continue du moteur de traction atteint les 0,8 de la puissance horaire. Si le moteur n'est pas ventilé, cette puissance n'est plus que les 0,4 de la puissance horaire.

(D'après la *Revue BBC*). L. P.

L'abondance des matières nous oblige à reporter à notre prochain numéro la suite de l'article sur « La soudure électrique », *ainsi que* « La Législation ».

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

LAMPE A INCANDESCENCE PAR ARC ROTATIF EN VASE CLOS

Cette lampe est formée d'une électrode centrale *a* en charbon ou en graphite et d'une électrode négative *b* circulaire (en forme d'anneau), en métal ne fondant qu'à très haute température (fig. 1).

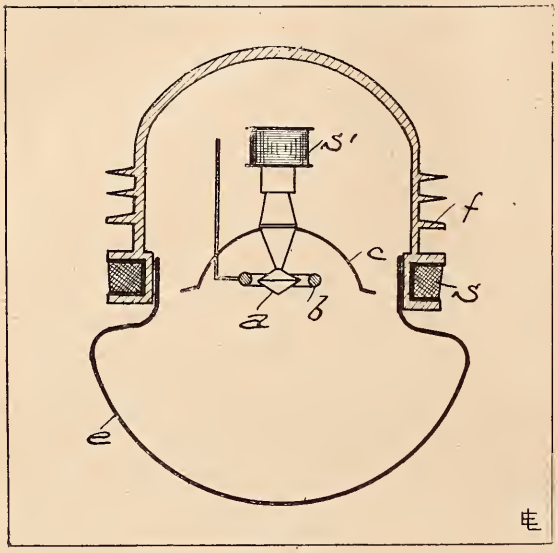


Fig. 1.

Le tout est enfermé dans une ampoule vide d'air et remplie de gaz inerte. L'ampoule est surmontée d'une gaine métallique à ailettes *f*, portant un électro-aimant *s* destiné à faire tourner l'arc.

Un deuxième électro-aimant *s'* à succion ou à palette est detiné à l'amorçage de l'arc.

La lampe comporte en outre un miroir *c*, qui réfléchit la lumière arrière.

On a réalisé aussi une lampe du même type, mais avec amorçage par ionisation. (Br. Fr. 504.850. — Garrarini.)

FOUR ÉLECTRIQUE TRIPHASÉ

Un four à induction triphasé pour la fonte de métal est constitué (fig. 2) par trois noyaux feuilletés *a* entourés

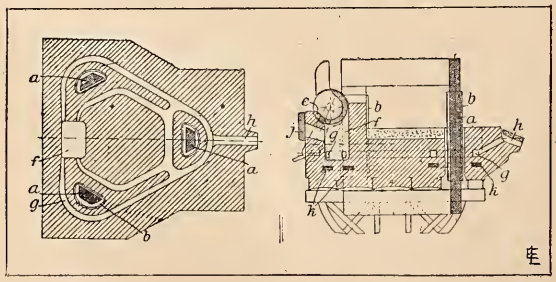


Fig. 2.

par les enroulements primaires *b* et pourvus de canaux *g* qui entourent les noyaux *a*. Les canaux placés autour de deux des noyaux sont plus long que ceux placés autour du troisième, ils sont aplatis comme le montre la figure pour augmenter le facteur de puissance. Les canaux *g* communiquent avec une chambre *f* fermée à l'air par un chargeur tournant *e*. Les scories sont enlevées par une porte *j*, le métal étant versé à travers les canaux *h*. Les canaux *g* changent de section transversale; ils se contractent en pénétrant dans la chambre *f*. Le premier chauffage et le premier séchage du four peuvent être effectués à l'aide de résistances *k* en charbon, en carbure de silicium, en dolomite graphitisée ou en tout autre conducteur de première ou de deuxième classe. Ces résistances peuvent être gardées en circuit pendant le travail. (Br. Angl. 138.604. — Cie Fr. des Métaux.) M. M.

MARTEAU ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Les appareils électro-ioniques sont mis en circuit avec un moteur à mouvement alternatif électromagnétique pour contrôler la marche du moteur et rendre minimum les effets de sa self-induction. Le moteur est figuré sous la forme d'un marteau avec l'outil 3 (fig. 3) monté dans la partie tubulaire de l'enveloppe 1. L'armature 5 qui peut pivoter communique un coup à l'outil lorsque le courant passe dans l'enroulement 4. Le primaire du transformateur T est connecté aux conducteurs princi-

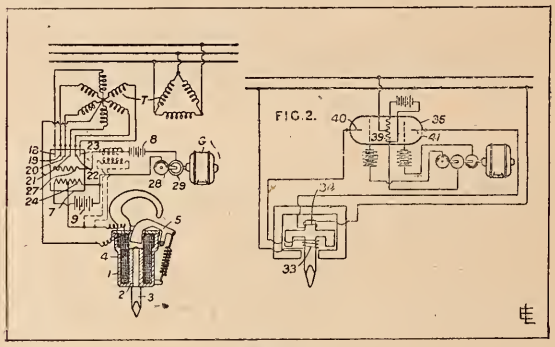


Fig. 3.

paux d'alimentation du circuit triphasé; le secondaire est à enroulement hexaphasé en étoile et est réuni aux six anodes 18...23 de l'appareil électro-ionique 7. Cet appareil le compose d'une cathode 24 chauffée par le courant de la batterie 9, d'un grillage 27 connecté à la batterie 8 d'une génératrice G. Le circuit grille-cathode est alimenté par l'intermédiaire de bagues 28, 29; les demi-ondes successives étant supprimées. L'enroulement 4 du marteau est monté en série avec l'appareil de décharge 7 et le transformateur T; la vitesse du générateur G contrôle le nombre des coups du marteau.

La figure 3-2 représente une modification du dispositi-ci-dessus décrit; ici l'enroulement 33 aide le coup du marteau et l'enroulement 34 le soulève. Ces enroulements sont connectés aux anodes 40,41, disposés sur les côtés opposés de la cathode 39 du tube à décharges ioniques 35. Les bagues du générateur sont disposées de telle sorte que les décharges aient lieu alternativement de chaque anode ce qui fait que les enroulements du marteau entrent en action tour à tour. (Br. Angl. 138.001. — Igranic Electric Co). M.M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

ELECTROSTATIQUE

SOMMAIRE. — *Electrisation par frottement et par contact. — Propriétés isolantes et conductrices des corps. — Deux états électriques. — Charge électrique. — Loi des répulsions et des attractions électriques. — Quantité d'électricité. — Répartition de l'électricité. — Densité électrique.*

*Pour faciliter l'étude des condensateurs et des phénomènes de condensation utilisés ou produits dans beaucoup d'applications industrielles : protection des réseaux de distribution, phènomènes produits dans les câbles électriques, télégraphie sans fil, etc., nous donnons ci-après quelques notions d'*électrostatique.

§ 67. ELECTRISATION PAR FROTTEMENT ET PAR CONTACT

Un bâton de verre, de cire, de résine, etc., tenu à la main et frotté à l'aide d'un morceau de drap acquiert la propriété d'attirer les corps légers : brins de papier, barbes de plumes, etc. La cause de cette attraction à été appelée *électricité*.

Les corps considérés, une fois frottés sont dits *électrisés* ou *chargés d'électricité*.

Tous les corps solides peuvent être électrisés, bois, métaux, etc. On les divise en corps bons conducteurs et en corps mauvais conducteurs de l'électricité. Ces derniers sont appelés des *isolants*.

Les corps ne s'électrisent pas tous de la même façon, ainsi une tige de verre ne s'électrise que sur la partie frottée. Une tige de cuivre tenue à à l'aide d'un manche isolant et frottée sur une partie de sa longueur, s'électrise tout entière, car le métal étant bon conducteur, l'électricité se propage sur la surface.

Si une tige de verre est électrisée et qu'on la touche avec une tige de fer non électrisée et munie d'une poignée isolante, on constate que cette tige possède un certain degré d'électrisation, autrement dit est électrisée. C'est l'électrisation par *contact*, qui a lieu pour les corps bons conducteurs comme pour les corps mauvais conducteurs.

§ 68. PROPRIÉTÉS ISOLANTES ET CONDUCTRICES DES CORPS

Les corps mauvais conducteurs de l'électricité offrent une résistance considérable à la propagation de cette dernière, c'est pourquoi on les emploie pour supporter les corps sur lequels on veut développer ou conserver l'électricité. Ces corps *isolent* électriquement les corps conducteurs de ceux qui les entourent, d'où leur nom de corps *isolants*.

Il n'y a pas d'isolants parfaits. Les corps les plus isolants ne s'apposent pas complètement à la déperdition d'électricité des corps conducteurs électrisés qu'ils supportent.

L'air doit être regardé comme un isolant, puisque les corps électrisés y conservent leur électricité ; sans cela, les phénomènes électriques nous seraient fort probablement inconnus. La vapeur d'eau atmosphérique est isolante comme l'air, lorsqu'elle est à l'état de vapeur invisible.

S'il n'y a pas de corps parfaitement isolant, il n'y a pas non plus de corps parfaitement conducteurs. Tous les corps sont conducteurs, mais à des degrés différents.

Nous donnons ci-dessous, pour donner une idée de ce fait, les noms de quelques corps placés par ordre de conductibilité croissante :

Parafine. Gomme laque. Résine. Soufre. Caoutchouc. Huiles. Cire. Verre. Soie. Porcelaine. Marbre.	Bois sec. Glace. Flammes. Tissus animaux. Tissus végétaux. Eau. Eau salée. Cokes. Métaux.

§ 69. DEUX ÉTATS ÉLECTRIQUES. CHARGE ÉLECTRIQUE

Des corps légers attirés par un bâton de résine électrisée par frottement sont bientôt repoussés vivement, le fait est encore plus remarquable sur de petites balles en moelle de sureau : l'attraction est aussitôt suivie d'une répulsion.

Cette répulsion est étudiée à l'aide du *pendule électrique*, appareil formé d'une petite balle de sureau suspendue à un fil de soie.

La répulsion provient de ce que la balle a pris, pendant le contact avec le corps électrisé, une partie de la charge de ce corps ; elle s'est électrisée par contact. Donc *deux corps électrisés par contact se repoussent*.

La balle étant repoussée par le bâton de résine

électrisée, si l'on approche de cette balle un bâton de verre électrisé par frottement, la balle est attirée, on constate de même que si le pendule est repoussé par le verre, il est attiré par la résine.

L'état électrique du verre frotté n'est donc pas le même que celui du bâton de verre également frotté, puisque l'un attire ce que l'autre repousse.

On a appelé l'électricité développée sur le verre *électricité positive;* celle développée sur la résine, *électricité négative.* Ceci ne signifie pas qu'il y a deux espèces d'électricité, pas plus que les deux forces appelées, en mécanique, *action et réaction,* qui sont de sens contraire, ne signifient deux espèces différentes de forces.

En résumé, les corps électrisés peuvent prendre deux états électriques et deux seulement. Si deux corps électrisés sont dans le même état électrique, ils se repoussent ; s'ils sont dans des états électriques différents, ils s'attirent.

Lorsqu'un corps n'est pas électrisé, il est dit à l'*état neutre.*

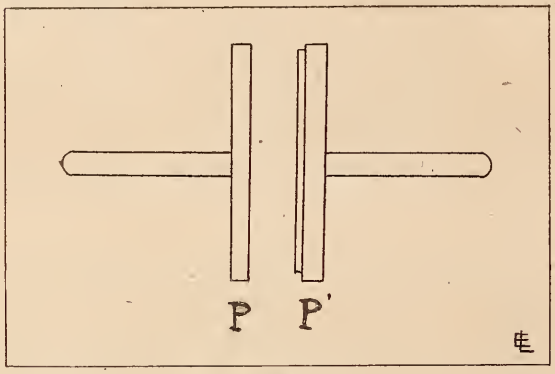


Fig. 92.

Deux corps étant frottés l'un contre l'autre, rien ne distingue le corps frottant du corps frotté et si l'un s'électrise, l'autre doit aussi s'électriser On constate ce fait par l'expérience suivante :

Deux plateaux P et P′ (fig. 92) tenus par un manche isolant, l'un P en verre, l'autre P′ en bois recouvert d'un disque de drap, sont frottés l'un contre l'autre. Si l'on présente le plateau P à un pendule électrique chargé positivement par exemple, ce pendule sera repoussé par le verre et attiré par le drap. Donc le frottement a développé de l'électricité positive sur le verre et de l'électricité négative sur le drap.

On conclut alors que :

Deux corps frottés l'un contre l'autre se chargent d'électricité de noms contraires.

Le degré d'électrisation d'un corps est appelé *charge électrique;* cette charge est proportionnelle à la quantité d'électricité prise par le corps.

Les deux plateaux précédents étant frottés et maintenus en contact, leur ensemble n'a pas d'action sur le pendule électrique, cela signifie que les électricités de noms contraires développées sur les plateaux sont équivalentes et s'annulent.

La somme des deux charges équivalentes prises par les plateaux étant nulle, c'est la raison pour laquelle on les a distinguées par les noms de charge *positive* et chage *négative.*

On a reconnu, à la suite d'expériences très minutieuses, que c'est principalement le contact de corps différents, et non le frottement, qui est la cause des phénomènes d'électrisation, le frottement ne servant qu'à produire le contact intime. D'ailleurs, le degré d'électrisation dépend plus de l'intimité du contact que de l'intensité du frottement.

§ 70. LOI DES RÉPULSIONS ET DES ATTRACTIONS ÉLECTRIQUES

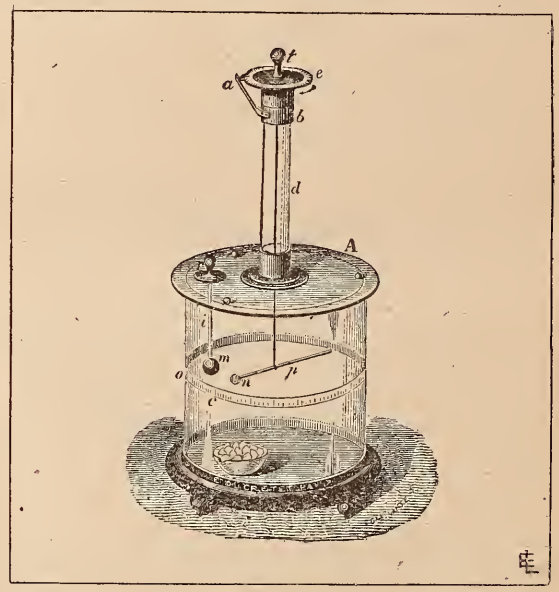


Fig. 93.

Ces lois sont au nombre de deux :

1° Deux corps chargés d'électricité de même noms se repoussent ; deux corps chargés d'électricité de noms contraires s'attirent.

Les forces répulsives ou attractives qui s'exercent entre deux corps électrisés très petits sont en raison directe du produit de leurs charges et en raison inverse du carré de leur distance.

La deuxième loi a été formulée par Coulomb. On peut la résumer dans la formule suivante :

$$f = \frac{q\,q'}{l^2}$$

ou q et q' sont les charges électriques des deux

corps, l la distance qui les sépare et f la force de répulsion ou d'attraction suivant que les charges sont de mêmes signes ou de signes contraires.

Cette loi a été étudiée pas Coulomb à l'aide de l'appareil dénommé balance de Coulomb (fig. 93). Cette balance repose sur le principe du pendule électrique. Ici la balle de sureau décrit un cercle horizontal et tord le fil de suspension, d'où le nom de *balance de torsion*. L'angle de torsion est mesuré par une échelle circulaire collée sur la cage en verre de l'appareil. Cette échelle est divisée en degrés. Un index placé du côté opposé à la balle de surcau se déplace devant cette échelle.

§ 71. QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ

Dans la formule de Coulomb donnée ci-dessus, sur la force d'attraction entre les deux corps électrisés, ayant la même charge $q = q'$, est de $f = 1$ dyne et si la distance qui les sépare est de 1 centimètre, la charge de chacun des corps sera représentée par 1, c'est-à-dire $q = 1$. Cela signifie que chacun des corps possède une charge ou une quantité d'électricité égale à l'unité, qu'on a appelée *unité de quantité d'électricité*.

Nous avons déjà considéré cette unité, c'est le *coulomb*, qui est l'unité *pratique* de quantité. Cette unité pratique vaut 3×10^9 unités C. G. S. Elle représente une quantité considérable d'électricité.

§ 72. RÉPARTITION DE L'ÉLECTRICITÉ DENSITÉ ÉLECTRIQUE.

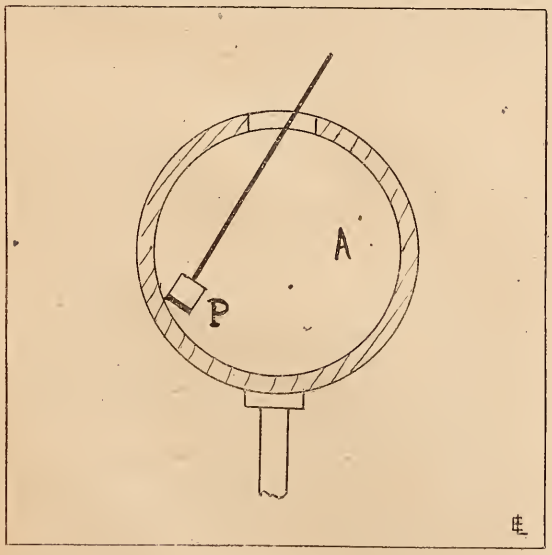


Fig. 94.

Lorsqu'un corps est électrisé par frottement ou par contact, l'électricité reste localisée au point frotté ou touché si le corps est isolant ; si le corps est conducteur, elle se répand sur le corps. Il s'agit de savoir si la répartition a lieu dans la masse même ou seulement à la surface du corps.

Une sphère métallique creuse A (fig. 94) est montée sur un pied isolant en verre. Cette sphère ayant été électrisée, on s'assure de l'état électrique de l'intérieur de cette sphère en y recueillant de l'électricité à l'aide d'un *plan d'épreuve* P, appareil formé d'un petit disque de clinquant collé au bout d'un bâton isolant. Après avoir touché l'intérieur de la sphère, le plan d'épreuve est retiré de cette dernière et présenté à un pendule électrique, on constate alors que la balle de sureau n'est pas attirée.

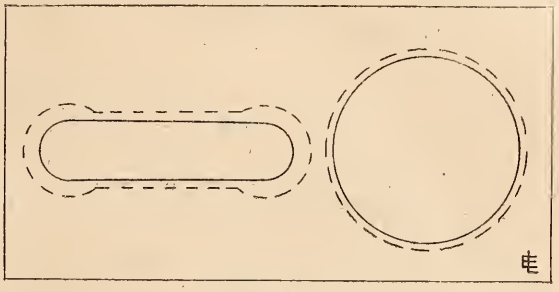


Fig. 95.

Le plan d'épreuve mis en contact avec la surface extérieure de la sphère et approché du pendule attire la balle de sureau. On en conclut, que, seule, la surface extérieure de la sphère est électrisée.

D'ailleurs, en électrisant l'intérieur de la sphère sans toucher à l'extérieur, on constate après électrisation, que, seule, la surface extérieure reste électrisée.

Une sphère métallique pleine prend la même charge qu'une sphère creuse de même dimension.

Il résulte de ces constatations que l'on doit considérer l'électricité comme répartie en une couche infiniment mince sur la *surface* de la sphère (fig. 95).

Toutefois, cette couche, uniforme pour une sphère, ne l'est plus pour un corps quelconque. D'une façon générale, l'électricité se porte plus particulièrement vers les points saillants, où elle s'accumule, ce que l'on constate à l'aide du plan d'épreuve. Si l'un de ces points est terminé par une pointe, l'électricité s'en échappe. Dans ces conditions, ont est amené à définir la répartition de l'électricité sur la surface d'un corps et on appelle *densité électrique en un point* d'un corps électrisé la charge par unité de surface de ce corps.

R. Sivoine.

N. B. — Dans la leçon du n° 1261, p. 431, le signe de l'exposant a été omis, il faut lire :

$$w = \eta B^{1,6} \times 10^{-7} \text{ joules}$$

et

$$W = fV\eta B^{1,6} \times 10^{-7} \text{ watts.}$$

Par suite, nous reculons jusqu'au 20 *décembre* la limite d'envoi des solutions de la 12e série de problèmes de notre concours.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 151. — Etant obligé pour un appareil que je construis de posséder des barreaux aimantés de 70 à 80 millimètres de long sur 4 à 5 millimètres de diamètre, pouvez-vous me faire indiquer dans la « Tribune des Abonnés », la méthode la plus rapide pour leur aimantations, soit dans un solenoïde soit par contact sur electro, ainsi que les constantes générales de ces bobines. Il exixte je sais, des electro très puissants pour l'aimantation presque instantanée des aimants permenents de récepteurs téléphoniques, et autres appareils de mesure, mais n'ai jamais eu l'occasion d'en avoir eu une description.

N° 152. — Je vous serai obligé, si vous pouviez me dire s'il existe un appareil ou procédé, capable sans démonter un moteur alternatif monté soit en étoile, soit en triangle de reconnaître les entrées et sorties des fils de bobinage. Ceci est généralement pour un moteur triphasé.

N° 153 — Où pourrais-je me procurer où trouver un schéma de **Pont roulant**, courant alternatif avec bobines de freinage (pont à 3 moteurs) un contrôleur par moteur.

N° 154. — Nous procédons en ce moment dans notre usine à l'électrification des ateliers avec du courant triphasé (220 volts), 50 périodes pour les moteurs et 120 volts pour l'éclairage.

Ne possédant pas de **cable armé** à 4 conducteurs en quantité suffisante, nous posons 4 câbles à 1 conducteur (9 câbles de 150 millimètres carrés pour les phases et un câble de 50 millimètres carrés pour le neutre).

Je voudrais savoir s'il est indispensable de retirer les armatures en acier en ne laissant que le plomb afin d'éviter les effets d'induction ; les câbles se trouvant côte à côte dans un tuyau de ciment.

Les effets d'induction se produiraient-ils réellement d'une façon efficace, si l'armature n'était pas enlevée et seraient-ils nuisibles pour la bonne conservation du câble ?

N° 155. — Ayant essayé de faire des **récipients chauffant** au moyen de résistance électrique appliquée tout autour de ceux-ci, je ne suis jamais arrivé à faire bouillir une quantité d'eau dans le temps donné par la formule

$$t = \frac{Q}{0.2 \times EI}$$

Je veux savoir pourquoi je devais chauffer pendant un temps double à celui trouvé ci-dessus pour obtenir l'ébullition.

2° Pourriez-vous me donner les formules nécessaires pour faire un radiateur capable de chauffer un petit bureau.

N° 156. — 1° Veuillez me faire connaître quels sont les livres capables de me fournir toute documentation sur :

1° Les bobinages des générateurs et moteurs à courant continu et à courants alternatifs monophasés, biphasé et triphasé.

2° Sur le fonctionnement des alternateurs en parallèl. et sur la marche des alternateurs en moteurs synchrones pour la diminution du déwatté sur les autres alternateurs

3° Sur les transformateurs statiques et rotatifs.

Il est entendu que je demande des livres traitant aussi complètement que possible les questions qui m'intéressent particulièrement au point de vue théorique autant que pratique.

N° 157. — 1° Peut-on se servir d'une ligne de distribution d'éclairage électrique à courant continu comme antenne de réception.

2° Quelle est la longueur d'antenne à employer pour recevoir les dépêches de la Tour Eiffel à une distance de 100 kilomètres.

3° Comment construire un condensateur marchant avec une bobine montée en Oudin.

RÉPONSES

N° 146 R. — La maison Darras, 123, boulevard Saint-Michel, à Paris, fabrique tous tachymètres.

N° 151 R. — Voyez réponse n° 138 R., l'*Electricien*, 15 novembre.

N° 155 R. — Vous trouverez tous renseignements sur la construction et le fonctionnement des appareils de **chauffage électrique** dans le livre *Le chauffage électrique* par Boileau, qui vient de paraître à la librairie Dunod.

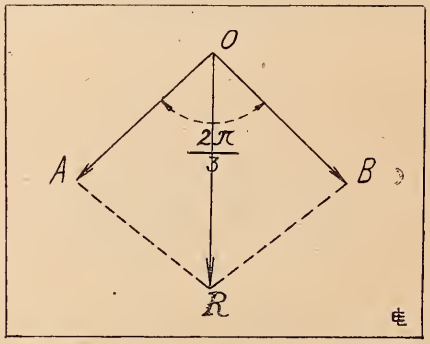
N° 139 R. — Dans la « Tribune des Abonnés » je remarque la demande suivante n° 139 ;

« Dans une installation lumière, distribution triphasée avec neutre, l'installation faite avec les 3 phases, la section du fil neutre dans l'installation sur 2 phases doit-elle être la même ? »

Cette question peut s'énoncer plus clairement de la façon suivante :

Un branchement étant alimenté par 2 fils de phase et le fil neutre d'une distribution triphasée 4 fils. quelle section doit-on donner au fil neutre ?

Réponse. — La section du fil neutre doit-être la même que celle de 2 fils de phase. En effet, si nous représentons par 2 vecteurs OA et OB décalés de $\frac{2\pi}{3}$ les courants passant dans les 2 fils de phase le courant passant dans le fil



neutre sera représenté par la résultante des 2 vecteurs OA et OB. Il est facile de démontrer que OR (résultante) = OA = OB. Donc, dans le cas qui nous intéresse, le courant passant dans le fil neutre est égal au courant passant dans chacun des fils de phase. Par conséquent, la section du fil neutre doit-être la même que celle de chacun des 2 fils de phase. — F. Suau.

N° 157. R. — 1° On ne doit pas se servir de lignes d'éclairage comme antenne, notamment à cause de la mise à la terre de l'antenne, qui doit être prévue.

2° La longueur d'antenne de 20 à 30 mètres paraît suffisante.

3° Voyez *L'Electricien* du 1er juillet 1920. « Calcul et montage des condensateurs pour T. S. F.

Le Gérant : L. De Soye.

36e Année. — N° 1266. 15 Décembre 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Rédacteur en chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

COMITÉ DE PATRONAGE ET DE RÉDACTION

MM.

Jacques Bréguet, Administrateur-Délégué des Etablissements S. I. B. A. L.;

Carlier-Meyer, Ingénieur, Répétiteur à l'Université de Liége;

Debray, Ingénieur principal des Services électriques des chemins de fer de l'Etat;

Devilaine et Rougé, Ingénieurs Electriciens;

L. Drin, Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique;

Esbran, Ingénieur en chef de la Société parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways;

Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers;

MM.

Lebaupin, Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat;

Ledeuil, Directeur de la Société d'Electricité Valenciennes-Auzin;

Lestrade, Ingénieur en chef de la Compagnie Electro mécanique;

P. Letheule, Ingénieur à la Campagnie française Thomson-Houston.

Ch. Milde fils, Ingénieur, Constructeur-Electricien;

Parodi, Ingénieur Chef du Service Electrique des chemins de fer Paris-Orléans;

Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, Directeur du Service des Ateliers et de la Vérification du Matériel des P. T. T.

DUNOD, Éditeur. 49, quai des Grands-Augustins, PARIS, VIe. — *Tél.* : GOB. 19-38 et 53 01

APPLICATION PRATIQUE

de la nouvelle Tarification électrique

PRÉVUE PAR LE COMITÉ D'ÉLECTRICITÉ

La tarification de l'énergie électrique est l'un des problèmes fondamentaux de l'industrie électrique, et en même temps l'un des plus complexes. L'étude ci-après permet de dégager clairement les divers éléments de cette tarification pour déterminer le prix de vente au moyen d'un abaque dont il est donné un exemple d'application numérique.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La plupart des concessionnaires qui achètent le courant électrique alternatif H. T. pour le revendre en H. T. ou B. T. à leurs clients, communes ou particuliers de leur Secteur, ont trouvé certaines difficultés pour établir correctement leur prix de revient et leurs prix de vente en appliquant les nouvelle méthodes de tarification.

Ils se trouvent actuellement en effet, dans la situation d'un commerçant qui achèterait une quantité Q de marchandises et n'en revendrait qu'une partie Q′ par fractions : q'_1, q'_2, q'_3... etc.... à des prix p'_1, p'_2, p'_3, etc... et avec des frais de vente différents : f'_1, f'_2, f''_3,... etc.....

Ces diverses lettres représentent des fonctions de valeurs variables elles-mêmes avec les secteurs et la nature des installations qu'ils alimentent.

On ne saurait trop souligner en effet, que le courant vendu à un client ne lui est ni *mesuré*, ni *facturé* de la même façon qu'au concessionnaire et qu'un kilowatt-heure peut être vendu pour le même prix à perte pour un client, et avec bénéfice à un autre, tout dépendant de la nature de l'installation de chacun.

Nous allons montrer les rapports qui existent entre tous les éléments qui servent à établir les prix de vente et de revient, le rapport entre ces prix eux-mêmes et le moyen de les figurer graphiquement.

Ayant une vue d'ensemble du problème, chacun pourra passer à l'application numérique pratique, en évitant des calculs longs, abstraits et souvent erronés.

II. — PRIX D'ACHAT DU COURANT PAR UN CONCESSIONNAIRE

Le courant absorbé par le concessionnaire est enregistré par deux compteurs : l'un, indique les kilowatts-heure d'énergie effective; l'autre indique l'énergie réactive. En o tre, une pri e fixe annuelle est dûe par kilovolt-ampère souscrit (puissance de l'installation).

Le prix d'achat pour un an de consommation peut se mettre sous la forme :

PRIME ANNUELLE + PRIX ÉNERGIE EFFECTIVE + PRIX ÉNERGIE RÉACTIVE
A B C

A, prime annuelle $= K_a R$ francs.

B, prix énergie effective $= K_e (0{,}0n + 0{,}00m)(P - 20))$ francs.

C, prix énergie réactive $= K_d (0{,}0n + 0{,}00m)(P - 20)) \frac{30}{100}$ fr.

Le prix d'achat est donc :

$$K_a R + K_e (0{,}0n + 0{,}00m (P - 20)) + K_d (0{,}0n + 0{,}00m (P - 20)) \frac{30}{100}$$

Dans lequel,

Ka : nombre de kilovolt-ampères souscrits;

R : prime annuelle par kilovolt-ampère souscrit;

Ke : nombre de kilowatt-heures effectifs consommés par an;

Kd : quantité correspondante d'énergie réactive;

n : prix de base en centimes de l'unité d'énergie complexe;

m : hausse en millimes du prix de base par franc d'écart entre la valeur 20 francs et le prix de l'Index.

p : prix moyen annuel de l'Index pour la tonne de charbon (tel qu'il est prévu dans le rapport du Comité d'électricité.).

III. — PRIX DE VENTE DU COURANT AU CLIENT

Nous conservons les mêmes lettres affectées du signe ′ pour indiquer des valeurs se rapportant au client.

1er *Cas* : Le courant est vendu au client avec deux compteurs, et prime fixe annuelle (H. T.), le prix de vente sera de la forme :

PRIME ANNUELLE + PRIX ÉNERGIE EFFECTIVE + PRIX ÉNERGIE RÉACTIVE
A′ B′ C′

$$K'_a R' + K'_e [0{,}0n' + 0{,}00m' (P - 20)] + K'_d [0{,}0n' + 0{,}0m' (P - 20)] \frac{30}{100}$$

2e *Cas* : Le courant est vendu avec un seul compteur (B. T.) qui enregistre les kilowatt-heure effectifs.

S'il y a prime fixe (force motrice) le prix de vente est de la forme :

$$A' + B' + 0$$

3e *Cas* ; Comme 2e cas, mais sans prime fixe (éclairage), le prix de vente est de la forme :

$$O + B' + 0$$

Remarques : Le concessionnaire s'il distribue toute l'énergie qu'il reçoit, n'en facture donc qu'une partie, puisque la plupart de ses clients ne paient pas de prime fixe et n'ont pas de compteur d'énergie réactive.

D'autre part, chaque installation suivant qu'elle est plus ou moins inductive, contribue différemment à l'accroissement de la consommation d'énergie réactive, ce que nous comparions plus haut à des frais de vente différents.

Enfin, les prix de vente sont différents eux-mêmes, suivant la nature et la puissance de l'installation (H. T. ou B. T.) force ou lumière... etc...).

IV. — PRIX DE REVIENT PAR KILOWATT-HEURE

Si le réseau du concessionnaire absorbe en un an Ke, kilowatt-heure effectifs, le prix de revient global par kilowatt-heure sera :

$$X = \frac{A}{Ke} + \frac{B}{Ke} + \frac{C}{Ke}$$

ou

$$X = \underset{a}{\frac{K_a}{K_e} R} + \underset{b}{(0{,}0n + 0{,}00m (P - 20))} + \underset{c}{\frac{K_d}{K_e} (0{,}0n + 0{,}00m (P - 20)) \frac{30}{100}}$$

Dans le premier terme a, $\frac{Ka}{Ke}$ représente le rapport de la puissance souscrite à la puissance effective consommée annuellement. Par exemple, un réseau ou une installation de 100 kilovolt-ampères qui aura consommé pour 6 heures de marche par jour et 300 jours par an, soit 1.800 heures 90.000 kilowatts-heure, le rapport $\frac{Ka}{Ke}$ sera égal à $\frac{100}{90.000}$ ce qui correspondrait à un fonctionnement régulier à 1/2 charge pendant la période considérée.

R est déterminé par le contrat de vente. Sa valeur est fixe dans un même réseau ou une même installation.

Dans le terme b, n et m sont donnés dans le contrat et P est déterminé périodiquement. Ce terme est fixe, tout au moins pour une certaine durée.

Le terme c est proportionnel au précédent dans le rapport $\frac{30}{100} \frac{Kd}{Ke}$.

Le rapport $\frac{Kd}{Ke}$, quotient de l'énergie réactive par l'énergie effective, absorbées par le réseau pendant un an varie énormément suivant les installations et pour l'établir on ne peut que difficilement se baser sur des données comparatives.

D'autre part, il change constamment dans les régions dévastées, où la reconstitution se fait progressivement, du fait des installations (clients) qui se rattachent successivement au réseau.

Mais on peut déterminer la valeur annuelle moyenne de chque rapport tel que $\frac{Kd}{Ke}$ qui correspond à une installation (client) déterminée.

Au lieu de rechercher le prix de revient global, on déterminera le prix de revient *par client* et le calcul du prix de vente à ce client n'en sera que plus équitable.

Le prix de revient par client est X' tel que :

$$X' = \frac{K'_a}{K'_e} R' + (0{,}0n + 0{,}00m\,(P-20)) + \frac{K'_d}{K'_a}\,(0{,}0n + 0{,}00m\,(P-20))\,\frac{100}{30}$$

Remarque : Si l'on connaît le cos φ avec lequel fonctionne le réseau ou l'installation, on peut en déduire le rapport $\frac{Kd}{Ke}$ par la formule :

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Kd}{Ke}\right)^2}}$$

V. — DÉTERMINATION DU BÉNÉFICE

Si l'on majore le prix de revient X' du coefficient z correspondant au bénéfice, on trouve le prix de vente :

$$X'z = \frac{K'a}{K'e} Rz + (0{,}0nz + 0{,}00mz\,(P-20)) + (0{,}0nz + 0{,}00mz\,(P-20))\,\frac{K'd}{K'e}\,\frac{30}{100}$$

Rz est la prime fixe : R';

$0{,}0n\ z$ est le prix de base : $0{,}0n'$;

$0{,}00m\ z$ est la hausse en millimes $0{,}00m'$ appliqués au client.

Ces trois coefficients sont variables au gré du concessionnaire dans les limites indiquées par les tarifs, et de leur valeur dépend le bénéfice.

Il est intéressant d'évaluer le prix de vente X'z et de revient X' en fonction de ces termes pour rendre la comparaison facile. On trouve :

$$X' = \frac{K'_a}{K'_e} + 0{,}0n\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'_d}{K'_e}\right) + 0{,}00m\,(P-20)\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'_d}{K'_e}\right)$$

$$1)\quad X'z = \frac{K'a}{K'e} Rz + 0{,}0nz\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right) + 0{,}00mz\,(P-20)\left(1 + \frac{30}{110}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

$1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}$ représente l'unité d'énergie complexe

Mais nous avons vu plus haut que le prix de vente du courant au client se faisait sous trois formes différentes :

1° *Forme* : A'+B'+C'.

$$(2)\quad X'z = \frac{K'a}{K'e} R' + 0{,}0n'\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right) + 0{,}00m'\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)(P-20):$$

Il suffit d'égaler les expressions (1) et (2), membre à membre pour tirer $R' = R\,z, n' = n\,z, m' = m\,z$.

On peut aussi faire $R' = R\,z_1\ n' = n\,z_2, m' = mz_2$, en égalant en bloc les deux expressions (1) et (2).

Ce qui permet de faire varier les bénéfices partiels sur chacun des termes ;

2° *Forme* : A'+B'+O.

$$(3)\quad X'z = \frac{K'a}{K'e} R' + (0{,}0n' + 0{,}00m')\,(P-20)$$

le terme $\frac{K'd}{K'e}$ ayant disparu.

On peut écrire en égalant les expressions (3) et (1).

$$\frac{K'a}{K'e} R' = \frac{K'a}{K'e} R' = R\,z,$$

$$0{,}0n' = 0{,}0nz\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

$$0{,}0m' = 0{,}0mz\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

Dans ce cas :

$$0{,}0n' = 0{,}0nz_1$$
$$0{,}00m' = 0{,}00mz_1$$
$$z_1 = \left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

3° *Forme* : 0 + B' + 0.

$$(4)\quad X'z = 0{,}0n' + 0{,}00m'\,(P-20).$$

En égalant (4) et (1), on peut écrire :

$$0{,}0n' + 0{,}0n\ z\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)\frac{Kc}{Ke} R\ z$$

$$0{,}00m' = 0{,}00mz\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

$$0{,}0n' = 0{,}0nz_1$$
$$0{,}00m' = 0{,}00mz_2$$

avec $$z_1 = z\left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e} + \frac{K'e\ 0{,}0n}{K'aR}\right)$$

$$z_2 = \left(1 + \frac{30}{100}\frac{K'd}{K'e}\right)$$

Remarques : I. — Les tarifs étant dégressifs, la puissance absorbée par le client étant bien inférieure à celle absorbée par le concessionnaire, il y a encore bénéfice brut si l'on applique aux deux le même tarif (1re forme A'+B'+C').

II. — Vu les cours du charbon, très élevés actuellement, le coefficient $0{,}00m$ à la prépondérance et doit être déterminé avec le plus grand soin.

III. — Le compteur d'énergie réactive marque autant d'unités Ka que le compteur des kilowatt-heure Ke par un cos $\varphi = 0{,}707$. Or, cette valeur peut être considérée comme optima, dans la plupart des cas et alors le prix de revient de l'énergie réactive est au moins égal au tiers du prix des kilowatt-heure correspondants.

VI. — CONSTRUCTION GRAPHIQUE

L'abaque ci-contre (fig. 1) sert à déterminer par la construction de lignes droites chacune des expressions indiquées précédemment, en connaissant leurs éléments.

Toutes les quantités étant exprimées *sur une même figure* par des longueurs d'échelles, il devient facile de comparer directement les résultats qu'on obtient en donnant différentes valeurs aux variables.

On aura ainsi très simplement les prix de revient et de vente et on déterminera au mieux les coefficients R', *m'*, *n'* dans tous les cas.

Il sera facile de leur fixer d'avance sur l'abaque les limites des tarifs et d'orienter ainsi la construction définitive en évitant les tâtonnements inévitables dans le calcul direct.

Enfin, et c'est le but principal de cet abaque, dans le cas où le concessionnaire présente un contrat de vente d'énergie électrique à l'approbation du client, chacun pourra se représenter d'un coup d'œil l'importance relative des rabais ou des hausses consenties sur chacun des coefficients prime fixe, prix de base, millimes, juger la valeur économique de l'installation (Cos φ) et s'accorder alors sur les conditions les plus équitables.

VII. — FORME DE L'ABAQUE

Cet abaque possède 8 échelles rectilignes.

Echelle (1) graduée en francs — prix du charbon à l'Index P.

Echelle (2) graduée en millimes : 0, 00*m*.

Echelle (3) graduée en francs — prix de base 0,0*n* depuis 0 de haut en bas — et accroissements des prix de base 0,00*m* (P — 20) depuis 0 de bas en haut.

Echelle (3') identique à échelle (3).

Echelle (4) graduée en francs — primes fixes R. Les points des droites (5), (6), (7) qui ont pour abcisse les diverses primes fixes annuelles R, ont pour ordonnées lues sur l'échelle (3) des prix de base, les francs correspondants à l'unité de courant souscrite par heure d'utilisation $\left(\frac{K'a}{K'e} R.\right)$

Par exemple, la droite (5) correspond à l'utilisation annuelle pendant 1.800 heures d'un nombre de kilowatt-heure égal à celui des kilovolts-ampère souscrits ; (la droite (6) 2.400 heures et (7) 3.000 h.),

On peut imaginer autant de droites semblables que l'on voudra.

L'échelle (8) graduée en cos φ correspond au rapport $\frac{Kd}{Ke}$ exprimé en cos φ.

L'échelle (9) est graduée en bénéfices en 0/0.

VIII. — MODE D'EMPLOI DE L'ABAQUE

Détermination du prix de revient et de ses élements.

La verticale passant par le point P, échelle (4) (prime annuelle R) détermine sur (5) un point Q dont l'ordonnée O S représente :

$$\frac{K'a}{K'e} R,$$

En admettant une utilisation annuelle pendant 1.800 heures d'un nombre de kilowatt-heure K'*e* égal à celui des kilovolts-ampères souscrits : K'*a*, soit :

$$\frac{K'a}{K'e} = \frac{1}{1.800}$$

La droite D L passant par D : cos φ sur l'échelle (9) et par L, prix de base 0,0*n* sur l'échelle (3') détermine sur (3) un point M tel que :

$$OM = o,on \left(1 + \frac{30}{100} \frac{K'd}{K'e}\right)$$

En supposant que l'on ait exprimé le rapport $\frac{K'd}{K'e}$ sous la forme cos φ, ce qui se passe toujours en pratique.

La droite A B passant par A, prix de l'Index P sur l'échelle (1) et par B : 0,00*m* millimes sur l'échelle (2) détermine sur (3) un point C tel que :

$$O\,C = 0,00m\,(P - 20).$$

La droite D E passant par D : Cos φ sur l'échelle (9) et E de l'échelle (3') tel que O'E = O C détermine sur (3) un point F tel que :

$$O\,F = o,oom\,(P - 20) \left(1 + \frac{30}{100} \frac{K'd}{K'e}\right)$$

La somme des longueurs :

$$O\,S + O\,M + O\,F$$

représente le prix de revient total du courant électrique rapporté au kilowatt-heure consommé,

DÉTERMINATION DES BÉNÉFICES

On peut faire correspondre à l'un quelconque des points de l'échelle (3) tels que S, F, M, qui indiquent des prix de revient, des points U, H, N. sur l'échelle (3') qui indiquent ces mêmes prix. majorés de bénéfice.

Il suffit de tracer les droites passant par un point tel que G, bénéfice en % sur l'échelle (8) et les points S, F, M, leurs intersections avec (3') déterminent U, N, H.

On trouvera sans difficulté toutes les combinaisons de construction correspondant aux expressions rencontrées plus haut. Par exemple, on aura :

$$O'D = \frac{Kd}{Ke} \text{ exprimé en cos } \varphi,$$

$$O'N = o,on\ z \left(1 + \frac{30}{100} \frac{Kd}{Ke}\right) = OM\ z$$

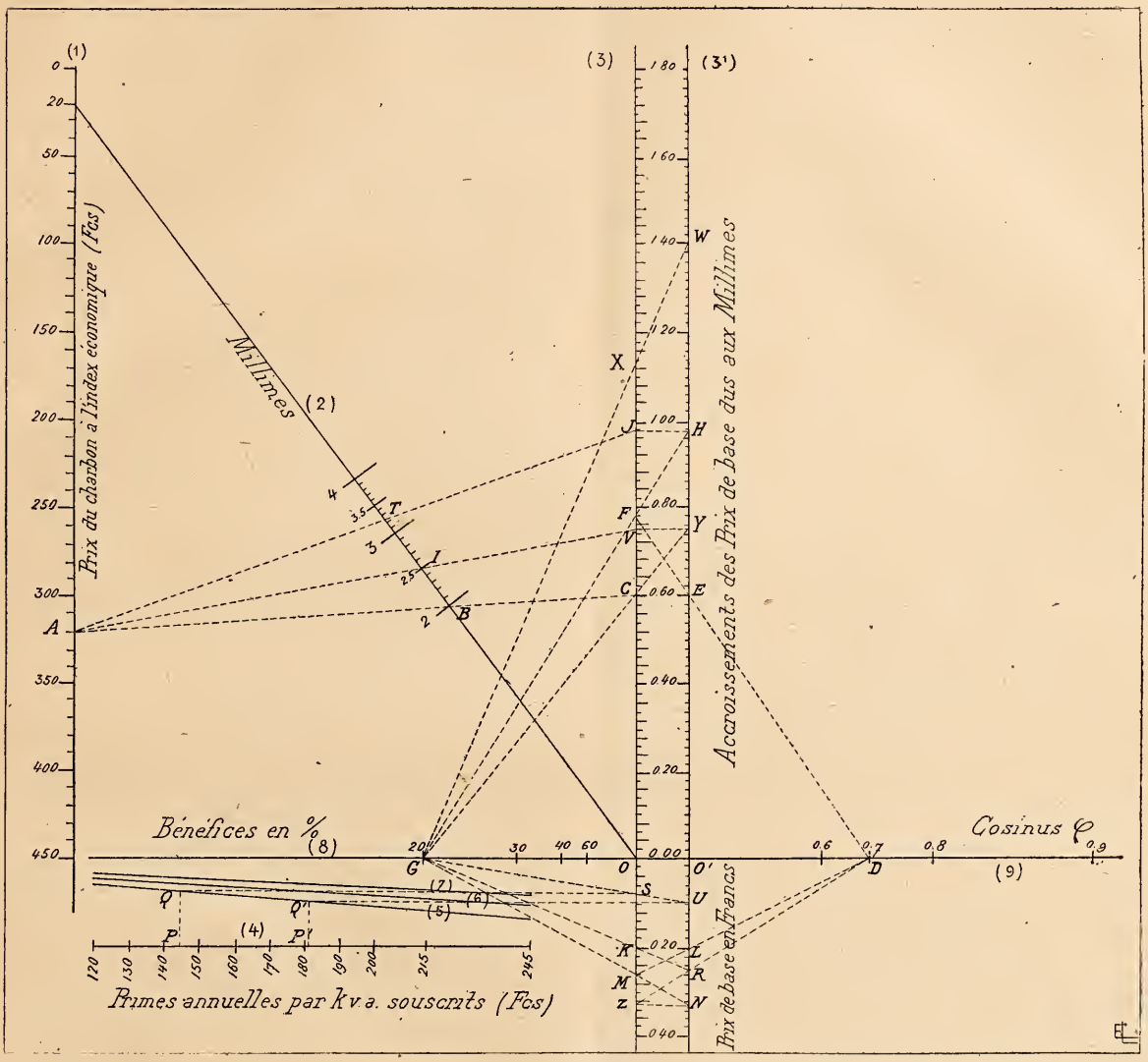


Fig. 1. — Abaque. — *En traits pleins, abaque avec ses graduations; en traits pointillés, exemple de construction.*

$$OG = z.$$

$$O'U = \frac{Ka}{Ke} R\, z = O\,S\, z.$$

$$O\,C = (P - 20)\ o{,}oom\ O\,B = o{,}oom.$$

$$O'H = (P - 20)\ o{,}oom\ z\left(1 + \frac{30\ Kd}{100\ Ke}\right) = O\,F\, z$$

$$O\,T = o{,}oom\ z\left(1 + \frac{30\ Kd}{100\ Ke}\right)$$

etc. . . . . .

Quelques exemples pratiques familiariseront avec l'abaque que chacun peut modifier à son gré et adapter à ses données particulières en suivant les règles d'établissement indiquées au § X.

IX. — EXEMPLE NUMÉRIQUE DE L'EMPLOI DE L'ABAQUE

Données : Un concessionnaire reçoit d'une grande Société d'Electricité le courant 15.000 volts aux conditions suivantes :

Prime annuelle par kilovoltt-ampère souscrit ..... 130 francs.

Prix de base de l'unité d'énergie complexe..... 0,20 cent.

*

Accroissement du prix de base par franc de hausse du charbon..... 0,002 millimes.

Supposons que le prix du charbon à l'index soit pour la période envisagée ..... 320 francs.

Le concessionnaire veut établir son prix de revient par kilowatt-heure pour un nouvel abonné qui utilisera le courant pour la force motrice.

L'installation de l'abonné comprend cinq moteurs de 10 kilowatts chacun, qui en moyenne fonctionnent à 1/2 charge 12 heures par jour et pendant 360 jours de travail annuellement.

Puissance souscrite..... 60 kva.

La puissance moyenne d'utilisation horaire de l'abonné sera de :

5 × 10 kilowatts × 1/2 charge = 25 kilowatts.

La puissance annuelle :

25 kilowatts × 12 heures, × 360 jours = 108.000 kilowatts-heure.

Si l'installation fonctionnait à pleine charge en consommant la puissance souscrite, elle absorberait les 108.000 kilowatts-heure en :

$$\frac{108.000}{60} = 1.800 \text{ heures.}$$

L'utilisation annuelle de la puissance souscrite comme définie plus haut, est donc de : 1.800 heures.

Pour des moteurs de 10 kilowatts à 1/2 chargé, on peut admettre un facteur propre de puissance : cos φ = 0,78.

Nous prendrons pour l'installation envisagée, afin de tenir compte des canalisations et des appareils intermédiaires :

$$\text{Cos } \varphi = 0,7$$

ÉTABLISSEMENT DU PRIX DE REVIENT

Le prix de revient du kilowatt-heure sera composé de 3 termes.

1° Prime fixe annuelle réduite au kilowatt-heure. Le concessionnaire ayant souscrit un nombre de kilovolt-ampère pour tout son réseau sensiblement égal à la somme des puissances de toutes ses installations, nous prenons comme sécurité 10 % de majoration sur la prime fixe de 130 francs, soit une prime fixe annuelle par kilovolts-ampère de : 145 fr.ancs, qui correspond pour 1.800 heures à 0,08 centimes.

Construction : P (4) = 145, Q (5) 1.800 heures) sur verticale de P, et S (3) = 0,08 (sur horizontale de Q).

C'est-à-dire que la prime fixe annuelle payée par le concessionnaire accroît de 0,08 le prix du kilowatt-heure consommé dans les conditions envisagées.

2° Prix de base. — Le prix de base par unité d'énergie complexe :

$$\left(1 + 30/100 \frac{Kd}{Ke}\right)$$

étant de 0,20, le prix de base ramené au kilowatt-heure effectif est de : 0,26.

pour un cos φ = 0,7, $\left(\frac{Kd}{Ke} = 1\right)$

(Voir chapitre IV-V et VIII.)

Construction D (9) = 0,7, L (3') = 0,20, M (3) = 0,26 C. L. M. en ligne droite.

3° Accroissement du prix de base dû à la hausse du charbon.

Pour du charbon à 320 francs la tonne et pour 0,002 millimes, l'accroissement des prix de base est de 0,60.

Construction : A (1) = 320, B (2) = 2, C (3) = 0,60.

On trouve, comme plus haut, que cet accroissement ramené au kilowatt-heure effectif devient : 0,78.

Construction : E (3') = 0,60, D (9) = 0,07. F (3) = 0,78, D. E. F. en ligne droite.

En résumé le prix de revient du kilowatt-heure effectif grevé de la prime et des combinaisons de comptage sera de :

0,08 (prime fixe).
0,26 (prix de base).
0,78 (charbon).
1,12 1 fr. 12

ÉTABLISSEMENT DU PRIX DE VENTE AU CLIENT

Le prix de revient étant de 1 fr. 12, on aura le prix de vente en majorant du bénéfice brut 20 %, soit : 1 fr. 40.

Construction : X (3) = 1,12 G (8) = 20.

W (3') = 1, 40 G. X. W. en ligne droite.

Il faudra vendre pour un bénéfice brut de 20 %, le courant à l'abonné 1 fr. 40 de kilowatt-heure.

1er *Cas.* — Supposons que l'abonné paie le courant sous la forme :

Prime annuelle + kilowatts-heure effectifs, mesurés avec un seul compteur, tarifés au prix de base, avec accroissement (charbon).

Donc un seul compteur marquant les kilowatts-heure effectifs.

(2° forme du paragraphe V.)

La prime annuelle par kilowatt-heure majorée de 20 % sera, ... 0 fr. 10

Construction : G (8) = 20, S (3) = 0,08.

U (3') = 0,10, G. S. U. en ligne droite.

Et la prime annuelle par kilovolt-ampère souscrit 180 francs.

Construction : U, Q', P' comme construction P. Q. S.

Le prix de base majoré sera de..... 0,325

Construction G. M. N. M = 0,26,
N = 0,325

L'accroissement du prix de base sera.... 0,975

Construction G. F. H. F = 0,78
H = 0,975

qui correspond à millimes 0,0032

Construction J. T. A.

J (3) = 0,975, A (1) = 320.

T (2) = 3,2.

J. T. A. en ligne droite

et J (3) = H (3').

La somme de ces 3 termes donne bien :

0,10 + 0325 + 0,975 = 1 fr. 40.

Le courant sera donc vendu à l'abonné aux conditions suivantes :

Prime fixe annuelle..... 180 fr.

Prix de base ..... 0,325 —

Hausse en millimes 0,0032

Deuxième Cas. — Supposons maintenant que l'abonné paie le courant sous la forme :

Prime annuelle + énergie complexe mesurée avec deux compteurs tarifiée au prix de base avec accroissement (charbon).

(1re forme du paragraphe V).

La prime fixe ne change pas :..... 180 fr.

Ou 0,10 par kilowatt-heure.

Il est inutile de rapporter le prix de base au kilowatt-heure effectif comme plus haut puisque l'on connaît l'énergie réactive, chiffrée par un compteur spécial. On retombe dans les mêmes conditions que celles qui sont faites au concessionnaire pour la mesure du courant et dans ce cas, le bénéfice sera à prendre intégralement sur chacun des termes.

Le prix de base qui est de 0,20 devient avec le bénéfice 20 % : 0,25.

Construction G. K. R.

G (8) = 20 K (3) = 0,20 R (3') = 0,25.

(L'accroissement charbon) passera dans les même conditions de 0,60 à 0,75.

Construction G. C. Y.

qui correspond à..... millimes 0,0025

Construction A. I. V.

V (3) = Y (3') = 0,75.

En résumé, le courant sera vendu à l'abonné aux conditions suivantes :

Prime annuelle ..... 180 fr.

Prix de base..... 0,25

Accroissement 0,0025

NOTA. — Il semblerait que les conditions du deuxième cas sont différentes de celles du premier cas en ce qui concerne le prix de base et l'accroissement, mais en réalité elles sont équivalentes Dans le premier cas par exemple, le prix de base est plus élevé, mais il comprend implicitement les quantités d'énergie réactive et ne porte que sur les kilowatts-heure effectifs, tandis que dans le deuxième cas, le prix de base est moindre, mais porte sur l'énergie réactive en plus des kilowatts-heure effectifs.

On peut, du reste, voir que, le prix de l'énergie complexe (1 kilowatt-heure + 30/100 de l'énergie réactive correspondant à 1 kilowatt-heure) sur la base de 0,25 est bien de : 0,325, dans le cas qui nous occupe.

Construction D. R. Z.

D (9) = 0,7 R (3') = 0,25, Z (3) = 0,325

En pratique, il faudra faire plusieurs essais pour tomber d'accord sur les tarifs à appliquer.

Dans tous les cas, il faut apporter la plus grande attention aux millimes et aux facteurs de puissance (cos φ).

Bien entendu, d'une part le concessionnaire peut exiger de l'abonné une consommation annuelle minima et un facteur de puissance convenable, et l'abonné d'autre part est protégé par les tarifs maxima homologués par le Service de contrôle; néanmoins de grosses surprises sont réservées à ceux qui, avant de signer un contrat négligeraient d'approfondir ce système de tarification d'en envisager avec chiffres à l'appui l'application à leur propre cas.

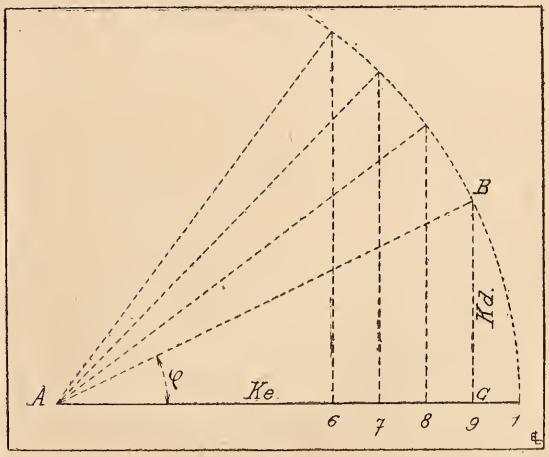


Fig. 2.

X. — CONSTRUCTION DE L'ABAQUE

Les échelles (1) (3) (3') se graduent directement, les divisions sont égales.

L'échelle (2) qui joint le point 20 de l'échelle (1) au point 0 de l'échelle (3) se gradue comme suit :

A une valeur P de l'Index correspond pour — *n* —

millimes une valeur de l'échelle (3) : $0{,}0n$ (P — 20). — Une droite qui joint le point A valeur P, échelle (1) au point C : valeur $0{,}0n$ (P — 20) échelle (3) coupe l'échelle (2) au point B que l'on affecte du chiffre n.

Et ainsi de suite pour toutes les divisions de (2).

Si l'on construit un triangle A, B, C (fig. 2), rectangle en C tel que $AC = Ke$, $BC = Kd$, l'angle B A C est égal à φ et $\cos \varphi = \frac{AC}{AB}$.

A une valeur donnée de $\cos \varphi$ correspond donc une valeur $\frac{Kd}{Ke}$ facile à calculer ou à construire et on en déduit une valeur :

$$n\left(1 + \frac{30}{100}\,\frac{Kd}{Ke}\right)$$

centimes d'énergie complexe,

Une droite qui joint le point E, n centimes de l'échelle (3') au point F :

$$n\left(1 + \frac{30}{100}\,\frac{Kd}{Ke}\right)$$

centimes de l'échelle (3) coupe l'échelle (9) au point D que l'on affecte du nombre 0,7 pour $\frac{Kd}{Ke} = 1$ et ainsi de suite pour les valeurs 0,6, 0,8... 0,9... La valeur 1 est à l'infini.

Dans ce cas, la droite D E est parallèle à l'échelle (9) et les échelles (3) et (3') correspondent directement.

Une construction analogue sert à graduer l'échelle (8) des bénéfices.

Les échelles (3) et (3') étant assez rapprochées, les droites telles que F D et G C ont une certaine obliquité et il vaut mieux déterminer les divisions telles que D et G en calculant les longueurs O'D ou O G. On a en effet les triangles O'E D et O F D étant semblables :

$$O'D = \frac{OO'}{OE'}(OF - O'E)$$

L'échelle (4) se gradue directement (divisions égales) Les droites (5) (6) (7) se tracent en calculant deux de leurs ordonnées.

Par exemple, on déterminera Q qui a pour abcisse P par son ordonnée O S égale, à l'échelle près à $\frac{\text{prime annuelle P}}{\text{1.800 heures.}}$

La droite (5) correspond à 1.800 heures (6) à 2.400 heures, etc.

P. Burdin,
Ingénieur I. D. N.

La soudure des différents métaux

PAR L'ARC ÉLECTRIQUE

Dans les articles précédents (1), *la technique de la soudure par arc a été étudiée dans ses applications au fer et à l'acier. Nous indiquons ci-après les applications de ce procédé aux différents métaux.*

Soudure du cuivre et du bronze. — La haute température de l'arc procure la fusion instantanée du métal d'apport et sa soudure avec la pièce à réparer ; c'est ce que ne permet pas la chaleur de la flamme oxyacétylénique avec le cuivre et le bronze, par suite de leur extrême conductibilité. La chaleur du chalumeau se propage dans la masse à souder sans échauffer suffisamment l'endroit où l'on veut travailler, d'où dépense de gaz acétylénique excessive et dilatations nuisant à la réussite de l'opération (cassures au retrait). Les bronzes les plus fusibles comme les bronzes à haute résistance (en réalité des laitons), peuvent être soudés directement à l'aide de l'arc voltaïque.

(1) Voir l'*Electricien* des 1er et 15 novembre 1920.

En courant continu, on devra toujours, d'après ce qui précède, mettre le *pôle positif* à l'électrode (bronze et laiton). Les baguettes de soudure sont constituées par du cuivre rouge pur enrobé convenablement. Ce métal d'apport ou mieux son enrobage contient un désoxydant spécial, en générale phosphore (le phosphure de cuivre) car le cuivre rouge donne beaucoup de scories peu fusibles.

Laitons. — La soudure autogène par l'arc des *laitons* se fait à l'aide des métaux d'apport titrés, dont l'agent désoxydant est alors l'aluminium ajouté à l'alliage fondu en très faible quantité.

Cuivre rouge. — Pour la soudure du cuivre rouge, même genre d'électrode, mais celle-ci étant réunie au *pole négatif* de la source.

Bronzes. — Pour le bronze, on emploie le plus souvent des tiges composées de 89 % de cuivre pour 11 % d'étain et on jette dans le bain de tout petits morceaux d'aluminium pur pour éviter toute oxydation.

Il reste à noter que l'intensité de courant à *diamètre* égal est plus grande avec le cuivre qu'avec le fer. En effet, la résistivité ρ du cuivre rouge étant moindre que celle du fer, on doit avoir, pour la même tension E à la génératrice, une intensité I plus grande, avec le cuivre, afin de satisfaire à la loi de Ohm $I = \frac{E}{R}$; $(R = \rho \frac{l}{S})$. Avec le *cuivre*, le martelage doit être plus fréquent que pour le fer, se refroidissant plus vite, et peut être poussé sans inconvénient à une température bien plus basse. Il faut aussi nettoyer la surface de chaque apport de métal; enfin, pour les pièces soumises à une pression quelconque, intérieure ou extérieure, il faudra une surépaisseur de métal suffisante pour éviter les soufflures.

Soudure du fer et de l'acier. — On doit relier la tige électrode au pôle négatif et on évite toute oxydation en jetant dans le bain une couche de scorie ou de verre pilé (silicates).

Soudure de la fonte. — L'un des métaux d'apport les plus usités est, après le fer pour la soudure des fers et aciers doux, la *fonte* en baguette pour la soudure de ce métal.

L'élément principal incorporé dans cette fonte d'apport est le *silicium* (3 à 4 %) destiné à rendre doux et usinable le métal fondu par le chalumeau à arc. On fabrique aussi des fontes d'apport contenant du *vanadium* et du *nickel*, métaux qui augmentent les propriétés mécaniques des soudures électriques ; en général la *ténacité* de la soudure.

La Société de la Soudure Autogène Française exécute la soudure de la fonte, soit avec des baguettes de fontes recouvertes d'un enrobage spécial (Kjellberg), soit avec des *baguettes d'acier*.

Pour la soudure de la fonte on doit travailler lentement afin d'éviter les inconvénients du retrait, et pouvoir à tout moment poser la main sur la pièce en cours de réparation.

Quand on déisre obtenir une forte résistance, on emploie alors la disposition spéciale consistant à fixer des goujonsen acier de chaque côté du chanfrein pratiqué pour la soudure (fig. 17).

On fond ensuite les électrodes de manière à bien entourer les goujons tout en remplissant parfaitement le fond du chanfrein (voir fig. 17). Le diamètre le plus convenable à employer pour ces électrodes est de 3 millimètres.

Soudure de l'aluminium. — Avec ce métal léger, le principal obstacle à sa soudure réside dans la couche d'oxyde qui recouvre les surfaces en formant un isolant s'opposant au passage du courant. On est obligé de percer cette couche d'oxyde par la tension du courant et de l'écarter ensuite, pour amener en contact des parties métalliques propres. Travail difficile et délicat.

Aussi, on n'a pas encore pu souder de l'aluminium par points, à l'aide d'électrodes produisant l'arc voltaïque ou à l'aide de machines à souder. Quelques usines sont pourtant arrivées à souder par approche des pièces d'aluminium, telles que des jantes de roues.

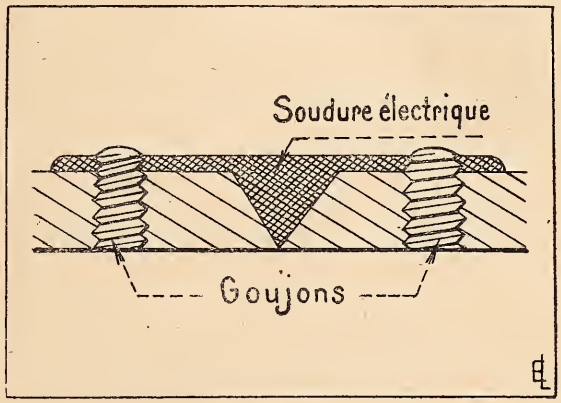


Fig. 17.

Soudure des autres métaux. — Le principe de Kjellberg (celui des électrodes enrobées) étant général s'applique donc à tous les métaux. Mais pour ceux qui sont très fusibles comme le laiton, l'enrobage intervient efficacement pour refroidir l'arc. Il est évident que chaque sorte de métal nécessite un enrobage approprié pour éviter principalement son oxydation.

Soudures des alliages. — Les alliages ne se prêtent presque jamais à la soudure par les procédés ordinaires, la température de vaporisation de l'un des éléments constituants correspondant souvent à peine au ramollissement de l'autre. La soudure électrique, permettant de régler à volonté la température de soudure et la rapidité du développement de la chaleur, est en tout cas le procédé le mieux qualifié pour lutter contre les difficultés inhérentes aux différents points de fusion des métaux constituant les alliages. Des publications récentes ont mentionné des soudures électriques de pièces en nickel, bronze, laiton et même de métaux différents entre eux, comme la soudure du stellite sur de l'acier ordinaire.

Qualités et défauts des soudures à l'arc.

1°) *Qualités.* — Le métal d'apport fondu sous l'action de l'arc peut être obtenu parfaitement sain grâce à l'emploi de baguettes contenant des éléments désoxydants et améliorants et principalement à celui d'enrobages spéciaux des électrodes. Dans les *aciers*, le carbone se trouve y être détruit en totalité, mais souvent ce n'est pas un défaut d'obtenir dans le joint simplement du fer, de l'acier décarburé. Nous avons vu comment on peut améliorer les propriétés du joint par l'addition de vanadium, de *nickel*, de manganèse, etc., dans le but de lui assurer des qualités suffisantes de résistance et de souplesse. Enfin, à l'aide de produits spéciaux, appelés *flux* et incorporés dans le métal d'apport des baguettes électrodes ou dans leur enrobage, on peut maintenant éviter parfaitement les *soufflures* qui jusqu'alors produisaient un défaut sérieux dans les points soudés à l'arc électrique. On empêche également, par ce moyen, les interpositions d'oxyde et les brûlures du métal.

Sur des éprouvettes soudées à l'arc, et bien exécutées, on a obtenu des charges de rupture allant de 31 à 33 kilos par millimètres carré et un allongement variant de 12 à 28 %.

2°) *Défauts.* — L'un des défauts de la soudure électrique, que nous devons de suite signaler, est que dans la zône avoisinant celle de la fusion, le métal subit une transformation moléculaire le rendant souvent fragile et cassant. En effet, les cassures au pliage et au choc (essais) sont presque toujours observées, non pas dans la zône de la soudure, mais dans les parties des pièces immédiatement adjacentes à la ligne de fusion.

La trempe, le martelage et le recuit peuvent régénérer la zône défectueuse.

Essais des soudures. — L'action bonifiante des métaux d'apport appropriés ne peut être jugé que par les essais des soudures, essais pouvant être faits par le soudeur lui-même, sur des éprouvettes préparées dans ce but : pliage sur la soudure, cassure, examen du grain, des soufflures et des collages, enfin les *essais de corrosion* par un acide pour dévoiler les défauts des soudures.

Soudures d'angles. — Ces dernières sont très réalisables avec l'emploi de l'arc ; le métal de l'électrode en s'alliant à celui de la pièce forme *un congé* très favorable à la solidité de l'assemblage. Les électrodes Kjellberg permettent du reste de diriger l'arc partout.

Applications industrielles de la soudure électrique. — On peut à l'aide de différents procédés que nous venons d'indiquer :

1°) Réparer aisément les fentes et les défauts d'une pièce en fer, en acier, en cuivre, en laiton, en fonte, etc.

2°) Ressouder différentes parties entre elles lorsqu'une pièce est cassée en plusieurs morceaux, refaire même les morceaux manquants.

3°) Boucher les trous, réparer les soufflures et dartres des pièces en fer, en acier ou autres métaux signalés et alliages.

4°) Fondre et étaler une nouvelle couche de métal sur les surfaces usées par le frottement en rendant à la pièce ses dimensions primitives.

5°) *Coulage de la fonte sur de l'acier*, sur du *cuivre*, du *bronze*, de la fonte dure sur de la fonte tendre.

6°) Bouchage des anciens trous de machines en réparations (chaudières), ou ceux percés par erreur et pouvant compromettre la solidité des pièces.

7°) Réparer enfin des organes défectueux après la fonte, l'estampage, le tournage, etc.

Mais où l'emploi de la soudure à l'arc doit être particulièrement recherché, c'est en matière d'assemblages sur fer et acier pour les épaisseurs moyennes : 3 à 6 millimètres, comme nous l'avons déjà signalé.

La chaudronerie et la tôlerie actuelles tirent déjà un parti très avantageux de ces soudures électriques pour les assemblages de tôles, fers plats, cornières, etc., dans les épaisseurs ci-dessus indiquées.

Pour *les fabrications de guerre*, la soudure électrique a été appliquée sur une vaste échelle pour la fixation rapide des ailettes sur le corps des torpilles de tranchée, la soudure des corps desdits engins, la fabrication de flotteurs, mines flottantes, réservoirs divers (Forges et fonderies de Paris-Pantin 1916-1918).

Dans la Marine, grâce au procédé avec électrode enrobée, la soudure à l'arc a permis la construction d'un navire sans rivets, de 275 tonnes, 40 mètres de longueur, lancé en 1917, à Richborough (Angleterre). Ce bateau a été complètement soudé à l'arc électrique sous la direction de l'amirauté anglaise. On a relevé, pour ce premier travail, une économie d'environ 30 0/0 sur le coût d'un bateau identique, mais rivé ; cette économie résulte de la suppression des opérations de traçage, perçage, alésage et rivure.

En tout cas, si la soudure des coques à l'aide de l'arc semble hardie, l'assemblage par cette sorte de soudure des membrures et d'une quantité de pièces entrant dans la structure d'un navire peut y être réalisé par ce moyen en toute sécurité.

Dans la charpente métallique, dans la *construction des wagons*, un vaste champ est ouvert à la soudure électrique. Actuellement, en *Amérique*, on étudie pour les grands chantiers navals, des machines à souder les tôles par points, analogues aux riveuses

hydrauliques et capables de souder électriquement ensemble des tôles de 25 millimètres d'épaisseur. On y construit aussi des wagons métalliques à charbon dont la superstructure a été soudée par points (Etats-Unis).

En Angleterre, on construit des pylones métalliques, des fermes pour charpentes d'atelier, par le procédé de la soudure à l'arc ; on y soude également des cuves de transformateurs électriques, des grands réservoirs métalliques de tous genres, des tuyauteries, etc.

Caractères et avantages de la soudure électrique. — En résumé, la soudure par arc présente les caractères suivants :

1°) Une très grande rapidité d'exécution (deux minutes au maximum).

2°) Résistance et allongement supérieurs à ceux obtenus par les autres procédés de soudure.

3°) *Importante économie.* Dans la plupart des applications, la soudure à l'arc coûte la *moitié* de celle oxyacétylénique. Certaines exploitations de chemin de fer accusent même une économie des 2/3 de la réparation de leur matériel roulant (réseau des Rocks Islands Lines aux Etats-Unis).

4°) Le travail de soudure à l'arc se fait facilement et rapidement dans toutes les positions, même de bas en haut, cas fréquent dans les réparations de chaudières et coques de navires.

5°) La chaleur produite par l'arc est intense et locale. Il y a donc une déformation minima des pièces à souder ; et généralement il est inutile de réchauffer les pièces au préalable et par suite, de les démonter, ce qui est un avantage précieux, faisant gagner temps et main-d'œuvre.

6°) Le métal de soudure obtenu avec l'électrode enrobée est parfaitement usinable.

7°) L'habileté et l'expérience de l'opérateur joue le rôle prépondérant. Chaque travail doit être traité de façon différente suivant la *nature* et l'épaisseur du métal. Les fabricants d'électrodes ou de machines pour soudure ont souvent des écoles pour ouvriers ou ouvrières soudeurs, annexées à leurs ateliers de fabrication, comme celles de la Soudure Autogène Française (S. A. F.) fondée en 1909.

8°) La soudure par arc s'applique aisément au fer, à l'acier, et même à la fonte, au cuivre rouge, bronze et laiton ; on doit signaler toutefois que beaucoup de progrès sont encore à faire dans le domaine de la réparation de la fonte et dans celui de la soudure de l'aluminium jusqu'ici impossible par l'arc et machines à souder.

Ch. Andry-Bourgeois,
Ingénieur des mines et E. S. E.

(*A suivre.*)

PRATIQUE INDUSTRIELLE

+++

VÉRIFICATION D'UNE LIGNE AVANT MISE SOUS TENSION

Je lis dans la *Technique moderne* de mai 1920 une note au sujet *d'installation permettant de vérifier rapidement l'isolement des différentes lignes de tramway.*

J'ai eu à étudier le principe indiqué dans un ordre plus général et je pense qu'il pourra avoir quelqu'intérêt pour les lecteurs de *l'Electricien.*

Il s'agit en effet de déceler un court-circuit (terre dans le cas du tramway qui a un pôle à la terre) en ligne rapidement avant de fermer l'interrupteur pour y lancer le courant, et éviter ainsi un accident ou tout au moins un déclanchement désagréable.

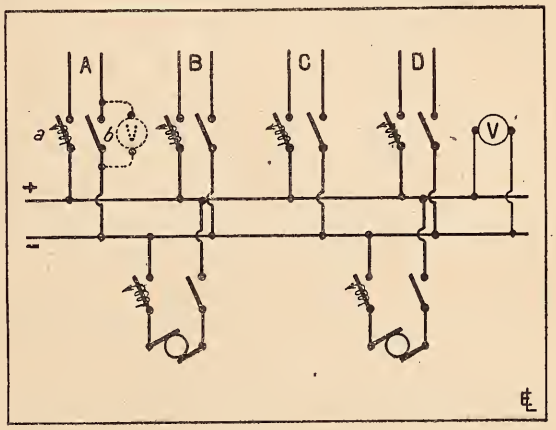


Fig. 1.

Soit un tableau dont schéma est représenté par la fig. 1 où A B C D sont des lignes alimentant des moteurs par exemple.

Le tableau étant sous tension, je ferme un disjoncteur de ligne, *a* par exemple, et, avant de fermer l'interrupteur *b*, je place à ses bornes un voltmètre. Celui-ci ne donnera aucune indication si aucun appareil d'utilisation n'est branché sur la ligne et s'il n'y a pas court-circuit ; il indiquera la tension du tableau V s'il y a court-circuit.

Voilà le principe.

Mais généralement il y a quelques appareils branchés (voltmètres, lampes, inducteurs de moteurs parfois...) qui ne présentent pas une résistance suffisante au faible courant qui traverse le voltmètre et on pourrait croire qu'il y a court-circuit, alors que la résistance est normale.

On tourne la difficulté en branchant aux bornes de l'interrupteur *b* une résistance convenable pour

que, la ligne étant en son état normal, le courant traversant la résistance produise une chute de tension que décèle le voltmètre et qui est connue, le court-circuit en produisant une beaucoup plus grande.

Illustrons par un exemple :

Soit fig. 2 une ligne dont la résistance normale, par suite de la présence d'inducteurs de moteurs shunts et de lampes indicateurs de courant, est de 60 ohms. Il suffit de mesurer le courant, 7 A. 5, que prend cette ligne à vide pour déterminer ce chiffre. Je donne à la résistance à insérer la valeur de 45 ohms pour limiter à 10 ampères le courant en cas de court-circuit, et je branche à ses bornes 4 lampes 110 volts en série (c'est moins coûteux qu'un voltmètre).

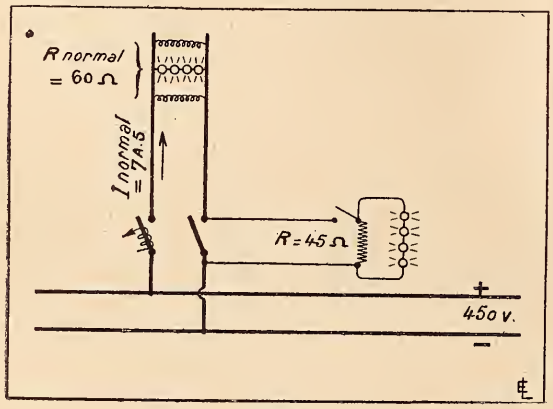


Fig. 2.

S'il y a court-circuit en ligne (rhéostat de démarrage non déclanché, c'est assez fréquent), lorsque j'essaierai ma ligne disjoncteur fermé, le courant parcourant la résistance sera de 10 ampères et, par suite, la différence de potentiel aux bornes du groupe de lampes, 450 volts, *elles brilleront de tout leur éclat.*

Si la ligne est dans son état normal, le courant sera $\frac{450}{45 + 60} = 4$ A 2, et la différence de potentiel aux bornes des lampes $45 \times 4{,}2 = 189$ volts, *elles rougiront seulement.*

Naturellement, la section du fil constituant la résistance de 45 Ω doit être suffisante pour supporter 10 ampères pendant quelques instants.

Si la résistance de la ligne est plus élevée que la normale, les lampes rougiront encore moins : il faut donc faire le calcul pour la résistance la plus faible qui peut exister en ligne sans court-circuit.

Pratiquement, lorsqu'il y a plusieurs départs au tableau, on peut faire l'installation avec un commutateur et une seule résistance calculée pour la ligne ayant normalement la plus faible résistance (fig. 3).

A la mise en marche, l'électricien enclanche tous ses disjoncteurs de lignes, tourne son commutateur successivement sur chaque ligne après avoir fermé l'interrupteur de la résistance, et alors il peut en toute sûreté enclancher ses interrupteurs.

Il va sans dire que s'il s'agit d'une distribution de tramway avec retour par les rails, le principe est le même. Le point essentiel est de calculer convenablement la résistance.

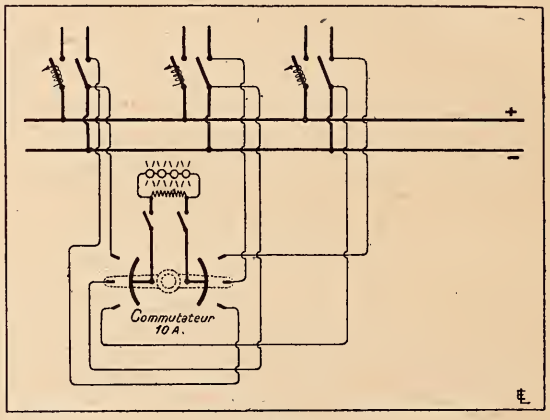


Fig. 3.

Si sur les départs, au lieu d'avoir un disjoncteur et un interrupteur, on a un interrupteur bipolaire, il faut ajouter un interrupteur unipolaire auxiliaire pour l'intensité limitée par la résistance (10 ampères dans le cas ci-dessus), de façon à pouvoir enclancher un pôle avant l'autre.

Je mets des lampes comme indicateur, mais si l'on place un voltmètre l'indication n'est que meilleure.

FORNARO.

Les victimes de la Science.

Le monde scientifique a appris avec émotion la mort de M. Infroit, chef du service radiographique à l'hôpital de la Salpétrière. Ce savant a été, comme déjà d'autres électriciens, victime des rayons X. Dès 1912 il avait dû subir un grattage du premier doigt attaqué de sa main droite, puis successivement l'amputation du doigt, de la main, puis du poignet gauche. Il n'avait pas voulu malgré cela abandonner ses travaux. Au contraire, sentant sa mort inéluctable, il s'était retiré dans son laboratoire afin de poursuivre la mise au point de divers appareils, donnant ainsi un admirable exemple d'abnégation scientifique.

SÉCHAGE DES INDUITS AU FOUR

Les conseils suivants pour la réparation des induits sont donnés par L'*Electrical World* :

Les vernis isolants doivent être clairs, imperméables aux acides, à l'huile et à l'eau et posséder des qualités de bonne pénétration. Ils doivent être élastiques et parfaitement isolants. La durée du passage au four des induits et des bobines, et le degré de température dépendent de la marque du vernis et des conditions du four. La durée moyenne varie de quatre à douze heures bien qu'un passage au four plus long ne puisse pas faire de mal. La température moyenne doit être de 80 à 95° C. Les bobines avant d'être plongées dans le vernis doivent séjourner dans un four bien ventilé (le séchage dans le vide est encore préférable) pour enlever toute humidité. Quand elles sont chaudes, il faut les

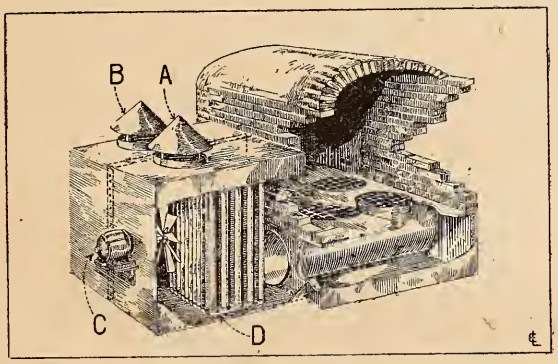


Fig. 1.

LÉGENDE : A, entrée, B, sortie de l'air; C, moteur du ventilateur; D, radiateur.

plonger dans un vernis de densité variant entre 0,815 et 0,890. Il y a divers bons vernis sur le marché, certains convenant mieux que d'autres pour certaines conditions. L'auteur a obtenu de bons résultats avec le vernis isolant Ajar qui donne un bon fini. Ses caractéristiques sont les suivantes :

Sa résistance au voltage est de 39.400 à 47.200 volts par millimètres. Sa densité est 0,89 à 21° C. On ne peut obtenir une surface dure qu'en le passant au four pendant un temps considérable. On obtiendra une bonne résistance mécanique et une bonne conductance calorifique après dix à seize heures de séjour dans le four. Il faudra deux ou plusieurs bains pour obtenir un bon résultat.

On peut employer diverses formes de fours (fig. 1), le choix dépend du travail à faire. Lorsqu'on emploie la vapeur il est indispensable d'obtenir une chaleur sèche uniforme et une bonne ventilation. Bien veiller à ce que les joints soient étanches de façon à ce qu'aucune humidité ne pénètre dans le four. Si l'on emploie une arrivée d'air frais il faut que cet air passe dans le radiateur avant d'entrer dans le four; il doit y avoir également une sortie d'air pour permettre aux gaz de s'échapper. L'entrée d'air doit être réglable, car si une trop grande quantité d'air est aspirée il en résulte une perte de chaleur considérable. Un pyromètre placé dans le four indiquera la température et en permettra le contrôle. M. G.

A propos du chauffage électrique.

La place nous manque pour analyser déjà dans ce numéro les réponses à notre enquête : *Doit-on faire du chauffage électrique?* (1).

Mais nous devons signaler d'intéressantes communications sur ce sujet de grande actualité. A la réunion du 1er décembre de la Société Française des Electriciens, la situation du « chauffage électrique considéré au point de vue de l'économie nationale », a été examinée par M. Foulcher, qui s'est attaché à démontrer que l'écart entre le rendement calorifique du chauffage électrique et l'utilisation directe du charbon n'est pas si grand qu'il paraît *à priori*, si l'on considère :

1° que le kilog de charbon ne produit pas les 8.000 calories théoriques, mais en pratique peut-être 5.000.

2° L'économie réalisée par les transports en gros à la centrale.

3° L'utilisation des charbons inutilisables dans des foyers domestiques.

4° Le gaspillage de charbons des foyers domestiques dû à leur mauvais rendement et à leur fonctionnement pendant un temps beaucoup plus long qu'il ne serait nécessaire.

Le chauffage électrique prend encore davantage un caractère d'économie nationale si l'on envisage l'utilisation pour le chauffage par exemple de l'énergie des usines hydrauliques par les appareils accumulateurs de chaleur.

Ajoutons que ces conclusions sont singulièrement renforcées par les communications faites par M. Darriens (Société Française des Electriciens) et M. Vedovelli (Société des Ingénieurs civils) sur la technique des lignes haute tension en Amérique. Nous reviendrons sur ces intéressantes communications, mais nous pouvons dire que l'impression qui s'en dégage est que les sociétés américaines ont bien moins que les nôtres à se préoccuper des débouchés de leur production. Nous devons instruire le consommateur pour généraliser l'emploi de l'électricité. L. D. F.

(1) Voir l'*Electricien* du 15 novembre 1920.

LÉGISLATION

DÉCRET

Approuvant le cahier des charges-type, dressé en exécution de l'article 28 de la loi du 16 octobre 1919, pour les concessions de forces hydrauliques sur les cours d'eau et les lacs.

(*Suite*) (1)

Art. 37. — *Reprise des installations en fin de concession.* — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, l'Etat sera subrogé aux droits du concessionnaire.

Il prendra possession de toutes les dépendances immobilières de la concession, énumérées à l'article 2 ci-dessus, qui lui seront remises gratuitement, franches et quittes de tous privilèges, hypothèques et autres droits réels, et, en outre, s'il y a lieu, de toutes celles des installations complémentaires dont il aurait assumé la charge dans le, conditions prévues par l'article 34.

Il aura la faculté de reprendre moyennant indemnité et dans les conditions fixées ci-après, le surplus de l'outillage.

Si le ministre des travaux publics estime qu'il doit faire usage de cette faculté, il fera connaître au concessionnaire, trois ans avant l'expiration de la concession, son intention de procéder à une estimation de cet outillage à dire d'experts, en l'invitant à désigner son expert. Si, dans le délai de deux mois, le concessionnaire n'a pas notifié à l'ingénieur en chef du contôle le nom de l'expert choisi par lui, il sera procédé à l'expertise par un expert unique désigné par le prédident du conseil de préfecture. Si le concessionnaire a désigné son expert et si cet expert ne se met pas d'accord avec celui de l'administration pour désigner un troisième expert, celui-ci sera désigné par le président du conseil de préfecture.

Les experts dresseront un état descriptif et estimatif de l'outillage.

Deux ans avant l'espiration de la concession, le ministre notifiera au concessionnaire s'il entend user de son droit d'acquérir cet outillage. Faute par lui d'en user, les frais de l'expertise resteront à la charge de l'Etat.

En cas de reprise du matériel, à défaut d'accord sur le prix et sur la répartition des frais, il sera statué par la juridiction compétente sur le vu des résultats de l'expertise.

Compte sera tenu, en tous les cas, de la dépréciation éventuelle subie par le matériel entre la date de l'expertise et celle de la reprise.

Les indemnités dues au concessionnaire pour l'outillage et les approvisionnements ainsi repris seront payables dans les six mois qui suivront leur remise à l'Etat.

Pendant les deux dernières années qui précèdent l'expiration de la concession, le concessionnaire sera tenu de lui donner connaissance des clauses de tous les traités en cours pour la fourniture de l'énergie.

Art. 38. — *Rachat de la concession.* — A toute époque à partir de l'expiration de la (2)... année qui suivra la date fixée pour l'achèvement des travaux, l'Etat aura le droit de racheter la concession. Le rachat produira effet à partir du 1er janvier de l'année suivant celle au cours de laquelle il aura été prononcé.

En cas de rachat, le concessionnaire recevra pour toute indemnité :

1° Pendant chacune des années restant à courir jusqu'à l'expiration de la concession, une annuité (A) égale au produit net moyen de sept années d'exploitation précédant celle où le rachat sera effectué, déduction faite des deux plus mauvaises.

Le produit net de chaque année sera calculé en retranchant des recettes toutes les dépenses faites pour l'exploitation de la chute concédée, y compris l'entretien et le renouvellement des ouvrages et du matériel, mais non compris les charges du capital ni l'amortissement des dépenses de premier établissement.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour termes de comparaison ;

2° Une somme (S) égale aux dépenses dûment justifiées supportées par le concessionnaire pour l'établisement des ouvrages dépendant de la concession et subsistant au moment du rachat qui auront été régulièrement exécutés pendant les quinze années précédant le rachat, sauf déduction, pour chaque ouvrage, d'un quinzième de la dépense pour chaque année écoulée depuis son achèvement.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des vingt premières années à partir de la date fixée par le cahier des charges pour l'achèvement des travaux, le concessionnaire pourra demander que l'indemnité, au lieu d'être calculée sur les bases fixées aux 1° et 2°, soit égale aux dépenses réelles de premier établissement, augmentée des intérêts intercalaires, y compris les frais de constitution de la société qui aura été substituée au concessionnaire dans la limite d'un maximum de ... fr. et y compris également les insuffisances qui se seraient produites depuis l'origine de la concession, si celle-ci remonte à moins de quinze ans ou pendant les quinze premières années si elle remonte à plus de quinze ans. Ces insuffisances seront calculées pour chaque année en prenant la différence entre la recette brute et les charges énumérées ci-après :

1° Frais d'exploitation ;

2° Intérêt et amortissement des emprunts contractés pour l'établissement de l'usine et de ses dépendances ;

3° Intérêt à... % des sommes fournies par le concessionnaire au moyen de ses propres ressources et de son capital-actions.

L'Etat sera tenu, dans tous les cas de se substituer au concessionnaire pour l'exécution des contrats passés par lui en vue d'assurer la marche normale de l'exploitation et l'exécution de ses fournitures.

Cette obligation s'étendra, pour les engagements et marchés relatifs à des fournitures de courant, à toute la durée stipulée dans chaque contrat sans pouvoir dépasser le terme de la concession. Toutefois, si l'Etat établissait que certaines conditions de prix ou autres d'un contrat de fournitures de courant n'étaient pas justifiées comme normales pour l'époque où elles ont été souscrites en ayant égard à l'ensemble des circonstances de l'espèce, il pourrait en réclamer la réformation par la voie contentieuse pour leur substituer les conditions qui seraient jugées normales pour ladite époque et pour cet ensemble de circonstances.

Pour les autres engagements et marchés, l'Etat ne sera tenu d'en continuer l'exécution que pendant cinq années au plus à partir du rachat.

L'Etat est également tenu de reprendre les approvisionnements. La valeur des objets repris sera fixée à l'amiable à dires d'experts et sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront leur remise à l'Etat.

Il en sera de même du matériel électrique si le concessionnaire le demande.

Art. 39. — *Remise des ouvrages.* — En cas de rachat, ou à l'expiration de la concession, le concessionnaire sera

(1) Voir l'*Electricien* des 1er et 15 novembre 1920.
(2) Entre cinq et vingt-cinq ans.

tenu de remettre en bon état d'entretien toutes les installations, reprises par l'Etat.

L'Etat pourra, s'il y a lieu, retenir sur les indemnités dues au concessionnaire, les sommes nécessaires pour mettre en bon état ces installations.

Dans les deux dernières années qui précéderont le terme de la concession, il pourra, également, se faire remettre les revenus nets de l'usine pour les employer à rétablir en bon état les installations qui doivent lui faire retour, si le concessionnaire ne se met pas en mesure de satisfaire, pleinement et entièrement, aux obligations lui incombant à cet égard et si le montant de l'indemnité à prévoir en raison de la reprise, joint au cautionnement, n'est pas jugé suffisant pour couvrir les dépenses de travaux reconnus nécessaires.

Art. 40... (1). — Dans le cas où le concessionnaire utilise dans des établissements industriels lui appartenant la totalité ou la majeure partie de l'énergie produite, l'Etat sera tenu, si le concessionnaire le demande, de leur assurer pour le délai qui restait à courir jusqu'à l'expiration de la concession, la quantité d'énergie nécessaire à leur fonctionnement, calculée d'après la consommation moyenne des sept dernières années, déduction faite des deux plus mauvaises et sans descendre au-dessous de la consommation de la dernière année ayant précédé le rachat. Le prix de cette fourniture sera celui qui aura servi de base pour le calcul du produit net établi conformément à l'article 38.

Faute par l'Etat de remplir cette obligation, le concessionnaire pourra exiger la reprise par l'Etat de ses établissements.

Art. 41. — *Déchéance et mise en règie provisoire.* — Si le concessionnaire n'a pas présenté les projets d'exécution, ou s'il n'a pas achevé ou mis en service les ouvrages et l'usine concédée dans les délais et conditions fixés par le cahier des charges, il encourra la déchéance qui sera prononcée après la mise en demeure par décret, sauf recours au conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Si la sécurité publique vient à être compromise, le préfet, après avis de l'ingénieur en chef du contrôle, prendra, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures provisoires nécessaires pour prévenir tout danger. Il soumettra au ministre des travaux publics les mesures qu'il aura prises à cet effet. Le ministre prescrira s'il y a lieu, les modifications à apporter à ces mesures et adressera au concessionnaire une mise en demeure fixant le délai à lui imparti pour assurer à l'avenir la sécurité de l'exploitation.

Si l'exploitation de l'usine et de ses dépendances vient à être interrompue en partie ou en totalité, il pourra également y être pourvu aux frais et risques du concessionnaire. Le préfet soumettra immédiatement au ministre des travaux publics les mesures à prendre pour assurer provisoirement le fonctionnement de l'usine génératrice. Le ministre statuera sur ces propositions et adressera une mise en demeure fixant au concessionnaire un délai pour reprendre le service.

Si, à l'expiration du délai imparti dans les cas prévus aux deux alinéas qui précèdent, il n'a pas été satisfait à la mise en demeure, la déchéance pourra être prononcée.

La déchéance pourra également être prononcée si le concessionnaire, après mise en demeure, ne se conforme pas aux prescriptions de l'article 1er du cahier des charges, en ce qui concerne l'objet principal de l'entreprise ou s'il ne reconstitue pas le cautionnement prévu à l'article 57 ci-après, dans le cas où des prélèvements auraient été effectués sur ce cautionnement, en conformité des dispositions du cahier des charges.

La déchéance ne serait pas encourue dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

Art. 42. — *Procédure en cas de déchéance.* — Dans le cas de déchéance, il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements du concessionnaire, au moyen d'une adjudication qui sera ouverte sur une mise à prix des projets, des terrains acquis, des ouvrages exécutés, du matériel et des approvisionnements.

Cette mise à prix sera fixée par le ministre des travaux publics sur la proposition du préfet, le concessionnaire ou ses ayants droit entendus.

Nul ne sera admis à concourir à l'adjudication s'il n'a au préalable, été agréé par le ministre des travaux publics et s'il n'a fait, soit à la caisse des dépôts et consignations, soit à la trésorerie générale ou à une recette des finances du département un dépôt de garantie égal au quart du cautionnement prévu par le présent du cahier des charges.

L'adjudication aura lieu suivant les formes prévues en matière de travaux publics.

L'adjudicataire sera tenu aux clauses du présent cahier des charges et substitué aux droits et charges du concessionnaire évincé qui recevra le prix de l'adjudication.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée, sans mise à prix après un délai de trois mois. Si cette seconde tentative reste également sans résultat, les installations ainsi que les approvisionnements deviendront, sans indemnité, la propriété de l'Etat.

CHAPITRE VIII

CLAUSES FINANCIÈRES.

Art. 43. — *Redevance fixe (sur les cours d'eau domaniaux seulement).* — Le concessionnaire sera tenu de verser à l'Etat, dans la caisse du receveur des domaines de la situation de l'usine, pendant toute la durée de la concession une redevance fixe annuelle de fr. Elle sera payable d'avance par trimestre et exigible à partir de la date du procès-verbal de récolement, au plus tard, à partir de l'expiration du délai fixé par l'article 9 pour l'achèvement des travaux.

Art. 44. — *Redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure produits.* — Le concessionnaire versera à la caisse du receveur des domaines de la situation de l'usine, une redevance proportionnelle au nombre de kilowatts-heure produits par l'usine génératrice mesurés au tableau de départ. Le montant R en sera fixé pour chaque année, d'après la quantité totale d'énergie produite dans l'année précédente : il sera déterminé en francs par la formule suivante :

$$R = \frac{1}{10.000} (a N + b N' + c N'')$$

dans laquelle N représente le nombre de kilowatts-heure ainsi produits jusqu'à concurrence de... N' le nombre de kilowatts-heure produits au delà de ... et jusqu'à... de N'' le nombre de kilowatts-heure produits au delà de...

Les appareils destinés à l'enregistrement des quantités d'énergie seront fournis par le concessionnaire, agréés et vérifiés par l'administration. Ils seront soumis à la surveillance des agents du contrôle qui auront le droit de procéder à toutes époques aux vérifications qu'ils jugeront

(1) Applicable seulement aux concessionnaires ne faisant pas ou ne faisant qu'accessoirement commerce de l'énergie.

nécessaires et d'exiger les réparations et, le cas échéant, le remplacement des appareils défectueux.

La redevance sera revisée au cours de la onzième année qui suivra la date de l'achèvement des travaux et ensuite tous les cinq ans (1).

Art. 45. — *Mode de revision de la redevance proportionnelle, en fonction du produit net, lorsque le concessionnaire est une société régie par la loi du* 24 *juillet* 1867 *et ayant pour objet principal l'établissement et l'exploitation de l'usine hydraulique.* — La revision de la redevance proportionnelle s'opérera conformément aux dispositions ci-après :

Lors de chaque revision le taux nouveau sera calculé de manière que — en l'appliquant au nombre moyen annuel de kilowatts-heure produit pendant les années qui auront précédé la date fixée pour chaque revision — la redevance proportionnelle représente (2).
du bénéfice net moyen réalisé pendant ces années antérieures.

Le bénéfice net moyen sera calculé de la manière suivante :

On établira d'abord pour chacune de ces années le produit net annuel en retranchant des recettes brutes toutes les dépenses faites pour l'exploitation, pour l'entretien des ouvrages et pour le renouvellement du matériel abstraction faite des charges du capital et de l'amortissement des dépenses de premier établissement ; on en retranchera :

1° L'annuité nécessaire pour servir au capital-actions effectivement versé, un intérêt de K % (3), et pour amortir ce capital pendant le délai compris entre la date de chaque versement effectué par les actionnaires et l'expiration de la concession ;

2° Les charges d'intérêt et d'amortissement des emprunts contractés en obligations ou sous toute autre forme.

La différence constituera le bénéfice net.

Le taux de la redevance proportionnelle ne pourra, en aucun cas, descendre au-dessous de $\frac{1}{x}$ de ..... centime, par kilowatt-heure produit.

Chaque revision ainsi effectuée portera effet à partir du 1er janvier de l'année suivant celle au cours de laquelle cette revision aura eu lieu.

Chaque fois que l'on aura procédé, conformément au présent article, à l'estimation de la somme à verser annuellement par le concessionnaire à titre de redevance proportionnelle, l'Etat aura la faculté d'opter, soit pour la continuation de la concession moyennant le versement annuel par le concessionnaire de la redevance établie conformément audit article, soit pour le racchat au 1er janvier qui suivra cette détermination et moyennant le versement d'une annuité égale au produit net déclaré par le concessionnaire pour servir de base à la revision de la redevance comme il est dit au présent article, augmenté de l'annuité correspondant en raison du temps restant à courir, jusqu'à l'expiration de la concession et du taux effectif des emprunts du concessionnaire, à la somme définie à l'article 38.

Art. 45 *bis.* — *Mode de revision de la redevance proportionnelle en fonction des dividendes réparlis, lorsque le concessionnaire est une société régie par la loi du* 24 *juillet* 1867 *et ayant pour objet principal l'établissement et l'exploitation de l'usine hydraulique* (1). — La revision de la redevance proportionnelle s'opérera conformément aux dispositions ci-après :

Sur les produits de l'exploitation de chaque exercice, déduction faite des charges des emprunts, des amortissements statutaires et de la réserve légale, le concessionnaire prélèvera la somme nécessaire pour servir, aux actions ordinaires ou privilégiées, dont le montant aura été effectivement versé et non amorti, un intérêt réservé dont le taux sera déterminé, dans tous les cas, en ajoutant 2 % au taux du revenu donné par la rente perpétuelle française comportant l'intérêt nominal le plus élevé, d'après le cours moyen de cette rente pendant l'exercice écoulé. Ce taux sera arrondi par excès en décimes. L'intérêt ainsi réservé sera cumulatif. Si le bénéfice lui est inférieur dans certaines années, la différence sera reportée aux années subséquentes, en addition à l'intérêt réservé afférent à ces années, de telle sorte que le superbénéfice à pargager n'apparaisse que quand tout l'arriéré aura été comblé sans intérêt de retard.

La redevance à verser à l'Etat sera calculée chaque année d'après l'importance du surplus des dividendes par rapport aux sommes dont les actions sont libérées et non amorties sans descendre au-desous de..... fr.

La redevance atteindra :

X % sur le montant du surplus du dividende inférieur à 10 % du capital-actions ;

X % sur le montant du surplus du dividende compris entre 10 et 50 % ;

X % sur le montant du surplus du dividende supérieur à 50 %.

En fin de concession ou lors de la liquidation de la société pour quelque cause que ce soit, l'actif ne restant après le payement des charges sociales sera tout d'abord affecté au remboursement des actions non encore amorties et au payement des sommes nécessaires pour compléter l'intérêt cumulatif afférent aux années antérieures.

Le surplus constituant un bénéfice complémentaire réalisé par le concessionnaire, sera considéré comme provenant de bénéfices complémentaires égaux pour tous les exercices et partagé comme il est indiqué au paragraphe précédent.

La détermination du capital initial de la société sera soumise à l'approbation ministérielle. La société aura le droit d'augmenter son capital, jusqu'à concurrence du double de son montant initial. Au-delà de cette limite, le capital ne pourra être augmenté sans autorisation. L'autorisation sera considérée comme accordée si un refus n'est pas notifié au concessionnaire dans le délai de deux mois à dater de la demande.

Art. 45 *ler.* — *Mode de revision de la redevance proportionnelle lorsque le concessionnaire n'est pas une société régie par la loi du* 24 *juillet* 1867 *ou lorsque la concession n'a pas pour objet principal l'établissement et l'exploitation de l'usine hydraulique.* — La revision de la redevance proportionnelle s'opèrera suivant les dispositions ci-après :

Lors de chaque revision, le taux nouveau sera calculé

(1) On appliquera, soit les dispositions énoncées sous l'article 45, soit celles de l'article 45 *bis*, soit celles de l'article 45 *ter* en ne laissant subsister dans le cahier des charges particulier que l'article dont il est fait application.

(2) Proportion à déterminer dans chaque cas.

(3) Le taux de l'intérêt réservé sera déterminé dans tous les cas en ajoutant 2 % au taux du revenu donné par la rente proportionnelle française comportant l'intérêt nominal le plus élevé, d'après le cours moyen de cette rente pendant l'exercice écoulé.

Ce taux sera arrondi par excès en décimes.

L'intérêt ainsi réservé sera cumulatif. Si le bénéfice lui est inférieur dans certaines années la différence sera reportée aux années subséquentes en addition à l'intérêt réservé afférent à ces années, de telle sorte que le produit net à partager n'apparaisse que quant tout l'arriéré aura été comblé sans intérêt de retard.

(1) Cet article remplace, le cas échéant, les dipositions de l'article 45.

de manière qu'en l'appliquant au nombre moyen annuel de kilowatts produits pendant les années qui auront précédé la date fixée pour chaque revision, la redevance proportionnelle représente (1)..... du bénéfice net moyen réalisé pendant ces années antérieures.

Le bénéfice net moyen sera calculé de la manière suivante

On déterminera d'abord la recette brute annuelle en se basant soit sur le prix de vente de l'énergie réel produite, si ce prix apparaît dans les comptes de l'entreprise, soit, dans le cas contraire, sur le prix de vente normal de la région pour une même utilisation et les mêmes conditions de livraison.

On déterminera ensuite les charges annuelles de l'entreprise, c'est-à-dire :

1° Toutes les dépenses faites pour l'exploitation, pour l'entretien des ouvrages et pour le renouvellement du matériel ;

2° L'annuité nécessaire pour servir aux capitaux investis dans l'aménagement de la chute un intérêt de K % (2), et pour amortir ces capitaux en cinquante ans, sans que la durée d'amortissement puisse dépasser le terme de la concession.

La différence constituera le bénéfice net.

Le taux de la redevance proportionnelle ne pourra en aucun cas descendre au-dessous de..... par kilowatt produit.

Chaque revision ainsi effectuée portera effet à partir du 1er janvier de l'année suivant celle au cours de laquelle cette revision aura eu lieu.

Art. 46. — *Revision exceptionnelle de la redevance proportionnelle.* — En dehors des périodes ci-dessus indiquées, il pourra être procédé à une revision du taux de la redevance proportionnelle dans le cas où, par suite de l'exécution de travaux ordonnés, concédés ou autorisés par l'administration, notamment de ceux qui auraient pour effets de régulariser le débit de la rivière, l'usine qui fait l'objet de la présente concession recevrait une augmentation de valeur.

Le chiffre de la nouvelle redevance sera fixé par une commission arbitrale qui serait composée et fonctionnerait dans les mêmes conditions que la commission prévue à l'article 38 de la loi du 31 juillet 1913 sur les voies ferrées d'intérêt local.

La revision du taux de la redevance devra, d'ailleurs, être effectuée par cette commission dans les conditions tenant un compte équitable de l'augmentation de valeur dont bénéficierait l'usine.

Art. 47. — A. *Contrôle technique.* — Le contrôle de la construction et de l'exploitation de tous les ouvrages dépendant de la concession sera assuré par les fonctionnaires de l'administration des ponts et chaussées chargés de ce service.

Le personnel du contrôle aura constamment libre accès aux divers ouvrages et dans les bâtiments dépendant de la concession. Il pourra prendre connaissance de tous les états graphiques, tableaux et documents tenus par le concessionnaire pour la vérification des débits, puissances mesures de rendement et quantité d'énergie utilisée dans l'usine génératrice, ainsi que les prix et conditions de vente de l'énergie aux divers acheteurs ou abonnés.

Les frais de contrôle sont à la charge du concessionnaire. Le montant en est fixé :

Au chiffre de..... par an pour la période de construction c'est-à-dire depuis le 1er janvier qui précèdera la date du décret de concession jusqu'au 31 décembre qui suivra la mise en service de l'usine.

Et de ..... par an pour la période d'exploitation, c'est-à-dire à partir du 1er janvier qui suivra la mise en service de l'usine génératrice.

Ils seront versés au Trésor avant le 1er mars de chaque année sur le vu d'un état arrêté par le ministre ou par le préfet délégué à cet effet et formant titre de perception. A défaut de versement par le concessionnaire, le recouvrement en sera poursuivi en conformité des règles générales de la comptabilité publique de l'Etat.

Le concessionnaire sera tenu de remettre chaque année à l'ingénieur en chef du contrôle un compte-rendu faisant connaître les résultats généraux de son exploitation et faisant ressortir notamment que cette exploitation se poursuit conformément à l'objet principal de la concession, tel qu'il est défini à l'article 1er du cahier des charges.

Ce compte-rendu sera établi conformément au modèle arrêté par le ministre des travaux publics et pourra être publié en tout ou partie.

B. *Contrôle financier.* — Le concessionnaire sera tenu à toute époque, de communiquer à l'ingénieur en chef la comptabilité de l'exploitation de la concession ainsi que tous les documents que celui-ci jugerait nécessaires pour en vérifier l'exactitude ainsi que les comptes des autres entreprises du concessionnaire dans la mesure où elles auront, à ce point de vue, une connexité quelconque avec l'exploitation de la présente concession. Dans cette vérification, l'ingénieur en chef pourra se faire assister de fonctionnaires appartenant à l'administration des finances.

Le concessionnaire sera en outre, tenu de se soumettre à toutes les vérifications auxquelles le ministre des finances jugerait utile de faire procéder par ses propres agents d'autre part.

CHAPITRE IX

Conditions particulières de la concession (1).

Art. 48. —. . . . . .

CHAPITRE X

Clauses diverses.

Art. 49. — *Cession de la concession.* — Toute cession partielle ou totale de la concession tout changement de concessionnaire ne pourront avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par décret délibéré en conseil d'Etat.

Faute par le concessionnaire de se conformer aux dispositions du présent article, il encourra la déchéance.

Art. 50. — *Autres concessions de l'Etat* (2). — L'Etat se réserve de donner sur l..... et ses affluents faisant partie du domaine public toutes les concessions et autorisations prévues par la loi du 8 avril 1898 et toutes autres concessions et autorisations qu'il jugera utiles, pourvu qu'il n'en résulte aucun dommage pour le concessionnaire.

Les prises d'eau autorisées ou concédées en amont de..... ne pourront, en aucun cas, être considérées comme entraî-

(1) Proportion à déterminer dans chaque cas.

(2) Le taux de l'intérêt réservé sera déterminé dans tous les cas en ajoutant 2 % au taux du revenu donné par la rent perpétuelle française comportant l'intérêt nominal le plus élevé, d'après le cours moyen de cette rente pendant l'exercice écoulé. Le taux sera arrondi par excès en décimes.

L'intérêt ainsi réservé sera cumulatif. Si le bénéfice lui est inférieur dans certaines années, la différence sera reportée aux années subséquentes en addition à l'intérêt réservé afférent à ces années de telle sorte que le produit net à partager n'apparaisse que quand tout l'arriéré aura été comblé sans intérêt de retard

(1) Indiquer les clauses particulières de la concession et, en particulier, celles concernant la participation financière de l'Etat, s'il y a lieu dans les travaux d'aménagements (art. 10, §§ *c, d, e, f* et *g*, de la loi du 16 octobre 1919).

(2) Les deux premiers alinéas de cet article ne sont applicables qu'aux rivières domaniales.

nant pour le concessionnaire un dommage, à condition que l'eau soit rendue à la rivière en amont de.....

L'Etat se réserve de pratiquer, concéder ou autoriser sur la rivière...., à l'amont de la prise d'eau concédée et jusqu'à concurrence d'un total de ..... litres par seconde, toutes dérivations en vue de l'irrigation de l'alimentation des centres habités ou d'un service public, sans que le concessionnaire puisse élever aucune réclamation à ce sujet.

Art. 51. — En conformité de la loi du 17 avril 1916, la compagnie concessionnaire devra réserver un certain nombre d'emplois aux anciens militaires ou marins mutilés ou infirmes du fait de la guerre, dans les conditions stipulées au tableau annexé au présent cahier des charges.

Art. 52. — *Hypothèque.* — Tous projets de contrats relatifs aux hypothèques dont pourraient être l'objet les droits résultant de la présente concession devront être notifiés pour avis au ministre des travaux publics.

Art. 53. — *Impôts.* — Tous les impôts établis ou à établir par l'Etat, les départements ou les communes, y compris les impôts relatifs aux immeubles de la concession, seront à la charge du concessionnaire.

S'il est ultérieurement établi, à la charge des usines hydrauliques, un impôt spécial instituant une redevance proportionnelle à l'énergie produite ou aux dividende et bénéfices répartis, les sommes dues à l'Etat, par le concessionnaire, au titre des redevances contractuelles, seraient réduites au montant de cet impôt.

Art. 54. — *Taxe de statistique.* — La taxe annuelle de statistique est fixée à ..... fr.

Elle sera exigible à partir de la date du procès-verbal ou au plus tard à partir du délai fixé à l'article 9 pour l'achèvement des travaux et versée au Trésor avant le 1er mars de chaque année sur le vu d'un état arrêté par le ministre ou par le préfet délégué à cet effet et formant titre de perception.

Art. 55. — *Recouvrement des taxes et redevances.* — Le recouvrement des taxes et redevances au profit de l'Etat sera opéré d'après les règles en vigueur pour le recouvrement des produits et revenus domaniaux.

Les privilèges établis pour le recouvrement des contributions directes par la loi du 12 novembre 1908 au profit du trésor public s'étendent aux taxes sus visées.

Art. 56. — *Pénalités.* — Faute par le concessionnaire de remplir les obligations qui lui sont imposées par le présent cahier des charges, et sous réserve de la déchéance qui pourrait être encourue, des amendes pourront lui être infligées, sans préjudice, s'il y a lieu, des dommages et intérêts envers les tiers intéressés. Les amendes seront appliquées dans les conditions suivantes :

En cas de manquement aux obligations imposées par les articles 1, 7, 14, 15, 16, 17 et 18 du présent cahier des charges et par chaque infraction amende de (1) par jour, jusqu'à ce que l'infraction ait cessé.

En cas d'interruption générale ou partielle non justifiée du service ou de manquement aux obligations imposées par les articles 22 et 24 en ce qui concerne les réserves d'énergie, amende de fr. par kilowatt et par jour de puissance non livrée conformément aux conditions des contrats de vente.

En cas de manquement aux obligations prévues à l'article 47 alinéa 7, amende de
francs par journée de retard.

Les amendes seront prononcées au profit de l'Etat par le préfet sur propositions de l'ingénieur en chef du service compétent après avis de l'ingénieur en chef du contrôle.

Art. 57. — *Cautionnement.* — Avant la signature de l'acte de concession, le concessionnaire déposera, soit à la caisse des dépôts et consignations à Paris, ou pour le compte de cette caisse, à la trésorerie générale ou à une recette des finances du département, une somme de (en général de 1 trentième à 1 deux centième du montant des travaux) ... francs, dans les conditions prévues par lois et règlements pour les cautionnements en matière de travaux publics. Au cautionnement peut être substituée avec l'agrément de l'Administration, une garantie bancaire.

Le cautionnement de l'entreprise est destiné à garantir la bonne exécution et l'entretien des ouvrages.

La moitié de ce cautionnement, soit la somme de fr. sera remboursée au concessionnaire après le récolement des travaux.

Sur la moitié restante du cautionnement pourront être prélevées les dépenses faites en raison des mesures prises aux frais du concessionnaire pour assurer la sécurité publique ou la reprise de l'exploitation en cas de suspension, conformément aux prescriptions du présent cahier des charges.

Toutes les fois qu'une somme quelconque aura été prélevée sur le cautionnement, le concessionnaire devra le compléter à nouveau dans un délai de quinze jours, à dater de la mise en demeure qui lui sera adressée à cet effet.

Art. 58. — *Agents du concessionnaire.* — Les agents et gardes que le concessionnaire aura fait assermenter pour la surveillance et la police des ouvrages de la concession et de ses dépendances seront porteurs d'un signe distinctif et munis d'un titre constatant leurs fonctions. Ils devront être agréés par l'administration.

Art. 59. — *Jugement des contestations.* — Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'administration, au sujet de l'exécution et de l'interprétation du présent cahier des charges, seront jugées par le conseil de préfecture du département du siège de l'usine.

Toutefois, les litiges dans lesquels l'Etat serait engagé par l'application de la présente convention peuvent être soumis à l'arbitrage tel qu'il est réglé par le Livre III du code de procédure civile, ou suivant toute autre procédure qui serait légalement instituée.

Art. 60. — *Election de domicile.* — Le concessionnaire devra faire élection de domicile à.....

Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture de.....

Art. 61. — *Frais d'enregistrement.* — Les frais de timbre et d'enregistrement du présent cahier des charges et des conventions auxquelles il est annexé seront supportés par le concessionnaire.

(1) Ces amendes devront être proportionnées à l'importance de l'entreprise et à la gravité des conséquences que le manquement aux obligations précitées pourrait entraîner pour les intérêts qu'il s'agit de sauvegarder.

INFORMATIONS

INDEX ÉCONOMIQUE ÉLECTRIQUE

M. le Sous-Secrétaire d'Etat des Mines et des Forces hydrauliques vient de fixer comme suit, à titre provisoire, la valeur de l'Index économique électrique en ce qui concerne la région parisienne, pour le 4e trimestre 1919 et le 1er trimestre 1920.

	Haute tension.	Basse tension.
4e trimestre 1919.....	184	213
1er trimestre 1920.....	277	312

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PERFECTIONNEMENTS AUX AMPLIFICATEURS A COURANTS FAIBLES

L'invention a pour but d'éviter les accouplements électrostatiques et électromagnétiques qui peuvent donner lieu à des oscillations entretenues dans les amplificateurs utilisant des tubes à vide à trois électrodes *l* (fig. 1).

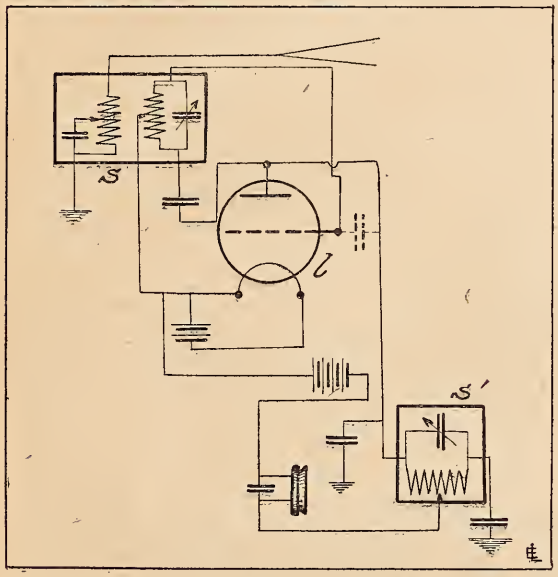


Fig. 1.

Elle consiste à enfermer les inductances dans des boîtes métalliques séparées *s* et *s'*, et à appliquer des forces électromotrices égales et opposées.

La figure représente un montage de ce genre avec une lampe amplificateur. (Br. Fr. 504.250.. — Cie française Thomson-Houston).

INTERRUPTEUR A ACTION RAPIDE

Dans un interrupteur cuirassé à action rapide dont la pièce de contact et la poignée du levier manœuvré à la

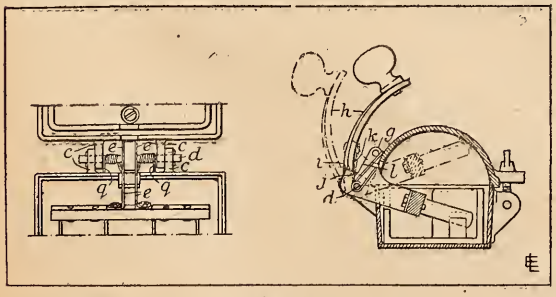


Fig. 2.

main sont recourbés à l'extérieur de la boîte et placés sur le même pivot que le couvercle (fig. 2), la rupture brusque est produite par un ressort agissant entre le bras de contact et la courbure du couvercle. La boîte ainsi que le montre la figure porte des saillies *c* qui reçoivent une épingle à charnière *d* passant au travers de saillies semblables *c* placées sur le couvercle; cette épingle traverse en outre la pièce de contact *l* qui fait saillie à travers la boîte et le levier *b* placé entre le double bras de la pièce de contact. Cette dernière pièce possède une saillie *g*; entre cette saillie et le couvercle se trouve l'extrémité libre d'un ressort *q* enroulé autour de l'épingle et destinés à produire l'action rapide. Lorsque l'interrupteur est fermé le levier repose sur le couvercle; dans ces conditions l'ouverture du couvercle produit l'ouverture de l'interrupteur. Les surfaces *k,l* coopèrent pour le mouvement de fermeture et les épaulements *j*, *i* pour le mouvement d'ouverture. (Br. Ang. 138.987. — Câbles accessories Co et Crowford.)

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE DES POLES AUXILIAIRES DES COMMUTATRICES MUNIES D'UN SURVOLTEUR-DÉVOLTEUR ACCOUPLÉ MÉCANIQUEMENT

Ce procédé s'applique aux pôles auxiliaires comportant deux enroulements d'excitation, l'un donnant les ampères-

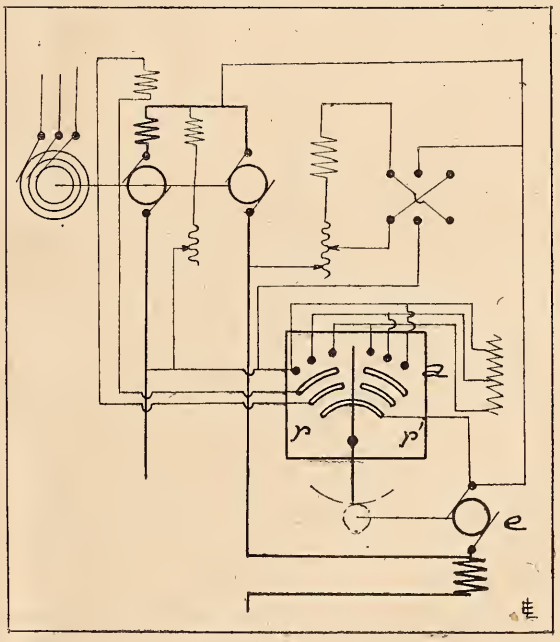


Fig. 3.

tours correspondant au courant continu de la commutatrice, et l'autre devant donner des ampères-tours qui soient en grandeur et signe-fonction de la puissance du survolteur-dévolteur. Le réglage de ce dernier est assuré par un rhéostat automatique unique *a* actionné par un dispositif électrodynamométrique *e* et contrôlé par la puissance du survolteur-dévolteur (fig. 3).

Un dispositif antagoniste tend à ramener la manette au milieu du rhéostat. De chaque côté *r* et *r'* le rhéostat est établi de façon à mettre les résistances hors circuit successivement, et à inverser le courant. (Br. Fr. 504.338. — Société Alsacienne de Constr. Méc.).

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

ELECTROSTATIQUE

SOMMAIRE : *Induction électrostatique. — Quantité d'électricité induite. — Potentiel électrique.*

§ 73. INDUCTION ÉLECTROSTATIQUE

Un corps électrisé produit dans l'espace qui l'entoure, un champ électrique tout comme un aimant produit un champ magnétique, caractérisé aussi par des lignes de force.

Un corps à l'état neutre placé dans un champ électrique produit par un corps électrisé, s'électrise à son tour par *induction* ou par *influence*. Le corps électrisé directement est appelé *l'inducteur*, le corps électrisé par influence s'appelle *l'induit*.

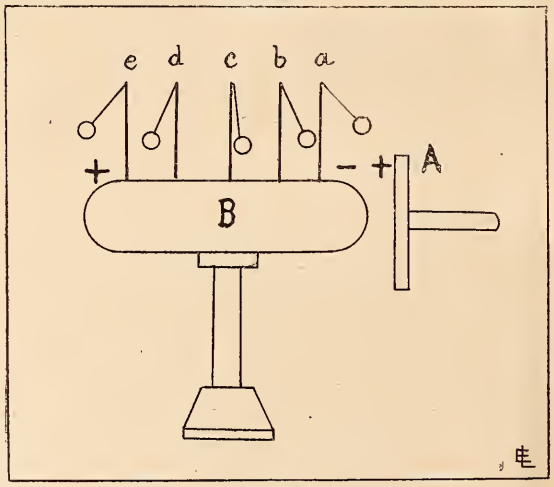


Fig. 96.

Si l'on approche d'un cylindre de laiton B (fig. 96) isolé, un plateau de verre électrisé A, les pendules placés sur ce cylindre divergeront immédiatement, sauf celui placé vers le milieu du cylindre. On constate que les pendules extrêmes *a* et *d* divergent le plus, alors que *b* et *d* divergent moins et que l'écartement des pendules est d'autant plus accentué que le plateau inducteur A est plus rapproché du cylindre B.

On constate, de plus, qu'un bâton de verre frotté attire le pendule *a* et qu'il repousse le pendule *e*. Le cylindre B possède donc à ses deux extrémités des charges de signes contraires.

Le pendule *c* du milieu indique que le cylindre possède dans cette région dans une zone neutre, c'est-à-dire non électrisée.

En résumé, un corps conducteur isolé étant électrisé par influence, il se développe aux deux extrémités de ce corps deux charges électriques de signes contraires et égales.

Le plateau de verre A étant supprimé, le champ électrique inducteur disparaît, les pendules retombent, le cylindre revient donc à l'état neutre.

Si l'on approche de nouveau le plateau inducteur A du cylindre B et si l'on touche ce dernier avec le doigt en un point quelconque, les pendules *d* et *c* retomberont, alors que les pendules *a* et *b* divergeront davantage, indiquant que la charge de même signe que celle du plateau A disparaît, la charge de signe contraire s'accentuant. En retirant le doigt et éloignant le plateau A, tous les pendules divergent et accusent une charge de signe contraire à celle du plateau A. Enfin, on constate que la charge du cylindre B augmente avec celle du plateau A et avec la diminution de distance entre ce plateau et le cylindre.

§ 74. QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ INDUITE

On comprend que plus sera grande la surface du système induit entourant l'inducteur et plus grande sera la charge induite, c'est-à-dire la quantité d'électricité développée sur l'induit. Cette quantité sera maximum si l'induit entoure complètement l'inducteur. Il n'en serait plus de même si l'inducteur entourait complètement l'induit, comme l'a montré Faraday.

1° L'inducteur est enveloppé par l'induit.

Un cylindre de cuivre C placé sur un pied isolant est relié par un long fil de cuivre, pour éviter tout phénomène d'influence, à un pendule double à feuilles d'or E (fig. 97). On descend dans le cylindre une boule de cuivre tenue par un bâton isolant et électrisée positivement par exemple. Le double pendule diverge aussitôt se chargeant d'électricité positive, qui est la charge extérieure du cylindre.

On constate, à l'aide du plan d'épreuve, que la surface extérieure du cylindre se charge d'électri-

cité négative. La divergence des deux pendules augmente lorsque l'on descend la boule, mais elle reste stationnaire dès que la boule a dépassé le milieu du cylindre, l'induction a donc atteint son maximum.

La sphère étant descendue jusqu'au contact du fond du cylindre, la divergence des pendules ne varie pas et on constate au plan d'épreuve qu'après le contact, il n'y a plus d'électricité sur la sphère si sur la surface intérieure du cylindre et qu'en outre la répartition sur la surface extérieure n'a pas changé. La charge de la sphère et celle du cylindre se sont donc exactement neutralisées; on en conclut que ces charges sont équivalentes.

En résumé, lorsqu'un conducteur électrisé est enveloppé complètement par un autre conducteur à l'état neutre, le premier induit sur la surface intérieure du second une quantité d'électricité égale et de signe contraire à la sienne.

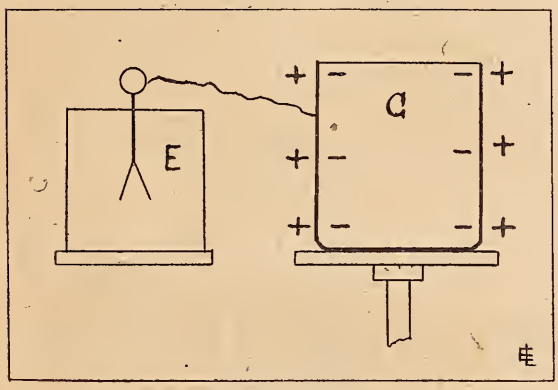


Fig. 97.

Si lorsque la sphère électrisée est à l'intérieur du cylindre, on relie ce dernier au sol, l'électricité répartie à l'extérieur du cylindre s'écoule au sol et les pendules retombent. Si on rompt la communication avec le sol et qu'on enlève la sphère, on constate que l'électricité négative passe de l'intérieur à l'extérieur du cylindre qui est alors chargé uniquement d'électricité négative et que cette charge négative n'a pas varié.

Donc un corps électrisé enveloppé par un conducteur relié au sol est sans action sur les corps extérieurs; il se trouve de même soustrait aux actions électriques des corps extérieurs, ce conducteur constitue ce qu'on appelle un écran électrique dont l'action est parfaite.

2° L'induit est enveloppé par l'inducteur.

Si l'on électrise la surface extérieure du cylindre précédent et qu'on y plonge la sphère, on constate après avoir retiré cette dernière, qu'elle n'est pas chargée d'électricité. Nous avons vu, d'ailleurs, que l'électricité reste à la surface extérieure du cylindre.

Donc, quelle que soit la valeur de la charge répartie sur la surface extérieure de l'inducteur, tout conducteur placé à l'intérieur restera à l'état neutre, c'est-à-dire ne sera pas électrisé.

On utilise cette propriété dans l'appareil appelé cage de Faraday et dans la protection des édifices contre la foudre, les conducteurs des paratonnerres étant disposés pour former une cage autour des bâtiments.

§ 75. POTENTIEL ELECTRIQUE

Supposons qu'un cylindre métallique creux C soit chargé d'une quantité d'électricité Q, si on le relie par un long fil conducteur à un électroscope E (fig. 98) assez éloigné du cylindre pour éviter qu'il ne soit influencé, on observe que l'écart des feuilles d'or de l'appareil reste le même quel que soit le point touché sur le cylindre électrisé et malgré que la densité électrique ne soit pas la même aux divers points du cylindre, par

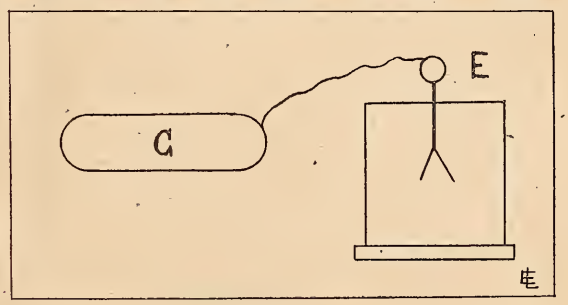


Fig. 98.

exemple au milieu de la longueur où elle est nulle et aux deux extrémités où elle est maximum. Cet écart caractérise l'état électrique commun du cylindre et à l'électroscope, on l'appelle le potentiel électrique du cylindre.

Le même fait se produit pour un conducteur quelconque.

On voit, par ce qui précède, que le potentiel est le même en tous les points d'un conducteur électrisé.

Si l'on communique au cylindre relié à l'électroscope une charge 2, 3, 4... *n* fois plus grande que la charge primitive, on constate que les écarts des feuilles de l'électroscope deviennent 2, 3, 4... *n* fois plus grands que l'écart primitif, ce qui prouve que le potentiel du cylindre, et en général d'un conducteur électrisé, est proportionnel à sa charge.

Deux conducteurs de grandes surfaces, mais de surfaces différentes, étant chargés d'électricité à des potentiels différents, si on les met en communication à distance par un long conducteur, on constate, après séparation, qu'ils produisent le même écart des feuilles de l'électroscope.

Donc, l'équilibre électrique entre deux conduc-

teurs électrisés mis en communication s'établit par l'égalisation de leur potentiel.

Ce dernier phénomène est analogue à ce qui se passe en hydraulique dans le cas de deux réservoirs de capacités différentes mis en communication, comme nous l'avons déjà exposé au paragraphe 15.

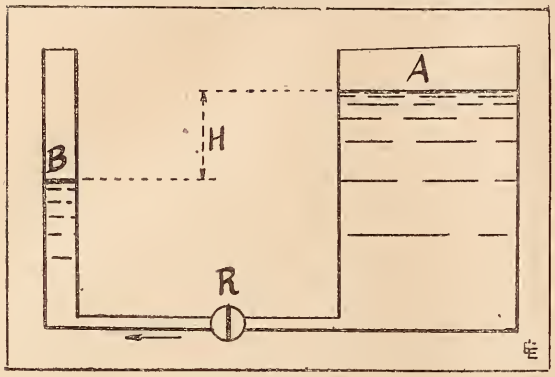


Fig. 99.

En nous reportant à la figure 99, nous voyons que le réservoir A ayant un niveau supérieur à celui de B, l'écoulement se produira, non pas par la quantité de liquide contenu dans chaque réservoir, mais par la différence des niveaux du liquide. Cet écoulement cesse dès que les deux niveaux du liquide sont sur un même plan horizontal, la différence de niveau étant alors nulle.

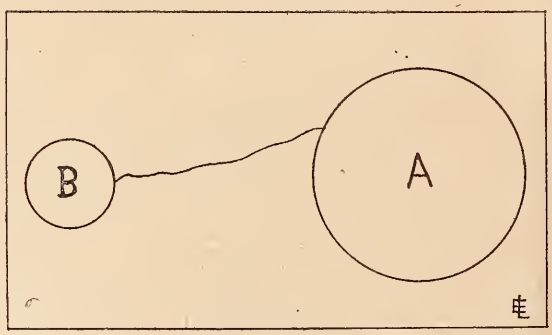


Fig. 100.

Si une sphère A est reliée par un fil conducteur à une sphère plus petite A (fig. 100) et si le potentiel de la sphère A est plus élevé que celui de la sphère B, la différence des potentiels des deux sphères produira un mouvement de l'électricité de A vers B, qui s'arrêtera lorsque les deux sphères seront an même potentiel.

D'ailleurs, si c'est la sphère B qui est au potentiel le plus élevé, le mouvement de l'électricité de produira en sens inverse de B vers A, tout comme si le niveau du réservoir B était plus élevé que celui de A, l'écoulement se produirait du réservoir B vers le réservoir A, ce qui prouve que c'est bien la différence des niveaux qui produit le mouvement du liquide et non la quantité de ce liquide que renferme chaque réservoir.

Une sphère métallique de 1 centimètre de rayon reliée à un conducteur électrisé, prend toujours la même charge, quel que soit le point du conducteur relié à la sphère; cette sphère mesure alors le potentiel du conducteur. On appellera donc potentiel d'un conducteur la *charge que prend une sphère de 1 centimètre de rayon* reliée à ce conducteur.

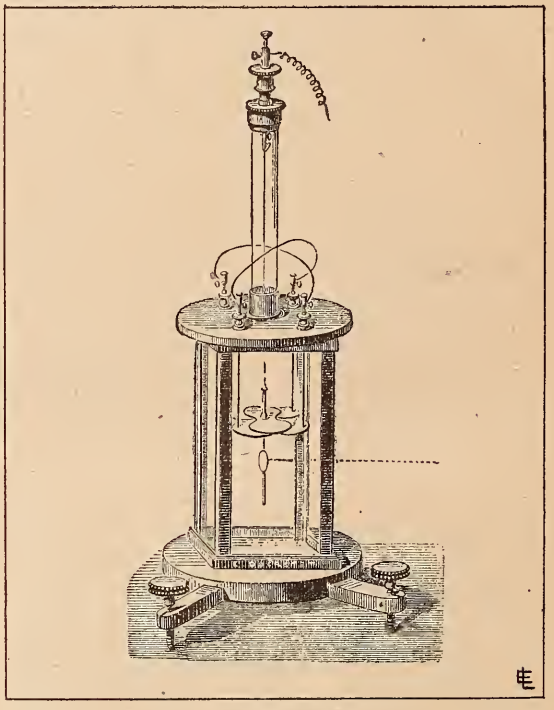


Fig. 101.

On prend comme unité électrostatique de potentiel, celui d'une sphère de 1 centimètre de rayon chargée de l'unité de quantité d'électricité. En pratique, cette unité est le *volt* unité 300 fois plus petite que la précédente et qui correspond au coulomb.

Pratiquement, l'électroscope employé pour permettre la comparaison des potentiels par celle des écarts des feuilles d'or est insuffisant, on emploie alors un appareil appelé électromètre.

La figure 101 en représente un modèle: une palette en forme de 8 est suspendue à un fil métallique très fin et long, qui se déplace au-dessus de quatre secteurs isolés entre eux et reliés électriquement deux à deux en croix. Ces secteurs étant reliés

aux pôles d'une petite batterie de piles, si l'on met en relation la bonne supérieur de l'appareil avec le corps électrisé à étudier la palette déviée. La déviation est mesurée par l'angle qui fait un rayon lumineux, réfléchi par un petit miroir fixé au-dessous de la palette mobile, avec la position correspondant à la position de repos de la palette.

R. SIVOINE.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 158. — Deux ampoules construites pour fonctionner à 120 volts sont branchées en série dans un circuit à à 240 volts. Pourrais-je savoir si la consommation résultant de cette pratique est la même que celle demandée par une ampoule à 240 volts de même intensité lumineuse que les ampoules à 120 volts. Si oui, je vous prierai de m'en donner un exemple numérique.

2° Quelles sont les connexions, les plus avantageuses à employer, dans le cas d'une distribution à 3 fils, pour relier en série deux dynamos compound à 120 volts, en y comprenant le circuit d'excitation shunt avec ses rhéostats.

D'autre part, ces dynamos égant connectées en tension, sont ensuite couplées en parallèle avec un autre groupe semblable. Serait-il nécessaire d'adjoindre, lors de ce couplage, un fil d'équilibre entre les deux groupes, afin d'éviter les inversions dans le cas d'un ralentissement des moteurs. Ce fil d'équilibre devra-t-il être simple ou double, c'est-à-dire dans ce dernier cas, devra-t-on relier les entrées de chaque enroulement compound deux à deux ?

Je vous prierai de me donner un petit schéma des connexions à établir. P. R. SAÏGON.

N° 159. — 1° Où pourrais-je trouver un ouvrage traitant du calcul des régulateurs d'induction. S'il n'en existe pas, veuillez me donner la marche à suivre.

2° Le meilleur ouvrage sur le calcul des turbines à vapeur est-il bien celui de Stodola. Où le trouver et à quel prix ?

N° 160. — J'ai une distribution à courant alternatif triphasé *sans neutre*; toutefois le neutre B. T. est sorti des transformateurs. Je désirerais voir paraître dans *l'Electricien* une étude sur les avantages et inconvénients du neutre à la terre.

N° 161. — Un de vos lecteurs pourrait-il m'indiquer un procédé pour marquer sur le verre des lampes à incandescence une initiale ou un nom comme les fabricants de lampes.

N° 162. — Existe-t-il un procédé pratique ou théorique pour calculer la largeur et le diamètre d'une poulie d'un moteur, qui doit transmettre par courroie une puissance donnée.

N° 163. — Où pourrais-je trouver un livre traitant la magnéto d'allumage.

Description pratique et théorique de son fonctionnement.

RÉPONSES

N° 158 R. — 1° Pratiquement, la consommation sera à peu près la même dans les deux cas; mais il y a pourtant lieu de remarquer que : plus le voltage est elevé et l'intesité lumineuse faible, plus la lampe est difficile à fabriquer, plus elle est fragile, plus sa consommation spécifique est elevee (Il est plus facile de se procurer des lampes à 120 volts qu'à 240 volts).

Par contre, 2 lampes en série ne donneront l'intensité lumineuse marquée que si elles sont choisies pour fonctionner en série : prenons 2 lampes carbone 16 B qui à 120 volts prennent l'une 0A 466, l'autre 0A. 5. Leur résistance est donc :

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{120}{0.46} = 260\ \Omega \\ \dfrac{120}{0,5} = 240\ \Omega\end{array}\right\}\ 50\ \ \Omega$$

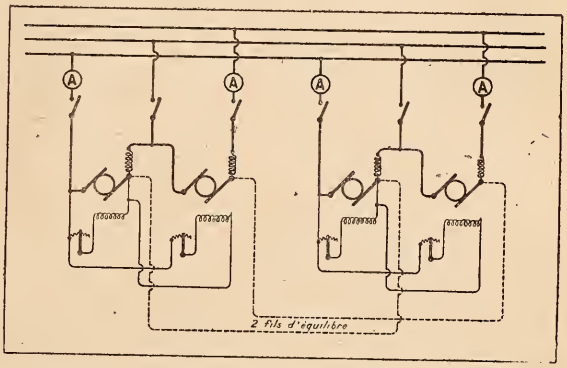
Placées en série sous 240 volts, elles consommeront

$$\frac{240}{500} = 0\ \text{A. } 48.$$

Mais la différence de potentiel sera :

Aux bornes de l'une 0 A. 48 × 260 Ω = 124 v. 8.

Et aux bornes de l'autre, 0.48 × 240 = 115 v. 2.



2° Schéma pour 2 groupes en parallèle de 2 dynamos compound en série, avec 2 fils d'équilibre.

Dans chaque groupe, l'excitation shunt est prise sur une seule machine pour éviter tout accident en cas d'inversion des pôles.

Si le compoundage n'est pas nécessaire, le bobinage série pourrait sans doute être mis hors circuit et le montage plus simple. F.

N° 159 R. — Voir l'*Electricien* 1914, n° 1205. Nous donnerons prochainement une étude sur les **régulateurs d'induction.**

N° 160 R. — Voyez réponse, n° 81 R, *L'Electricien* du 15 mai 1920.

N° 161 R. — Les inscriptions sur lampes peuvent être obtenues par gravure ou dépolissage. Une pâte pour le dépolissage est fabriquée par M. Pachen, 33, rue Dumenge, à Lyon.

N° 162 R. — Le diamètre de la poulie est dépendant de la vitesse à réaliser et du diamètre de la poulie correspondante. La largeur dépend de la nature de la courroie et de la force transmise. (Voyez *Agenda Dunod Mécanique.*)

N° 163 R. — Voyez « La magnéto haute tension », théorie élémentaire et description, entretien, pannes, par G. Saui. 1 brochure, libr. Dunod, 1 fr. 50, plus majoration, soit 3 francs.

COURS DES VALEURS MOBILIÈRES D'ELECTRICITÉ

(COTES AU 10 DU MOIS)

++++++

Dern. rev.	ACTIONS	Cours précédent.	Cours actuel.
26...	Accumulateurs Dinin	217	177
....	— fse Tudor	270	270
12.50	Applicat. industr., — 250 f	195	169
23.76	Câbles Télégraphiques, 250 f.	635	580
25.	Eclairage-Force p. l'Electr	540	532
30.	Edison (Cie Contie) 500 f	661	637
.....	Edison (Cie Contie Parts)	175	163
33.33	Electricité de Paris, parts	850	790
.....	— de Varsovie, priv. 500 f.	405	405
.....	— et Gaz du Nord, parts	1280	1225
35...	— Industrielle (B), 500 f	292	289
30.	— — (Havraise d'), 250 f	444	418
20.	Energie (Havraise d'), jouis	277	271
.....	— (Indust. d'), 250 f	141	135
.....	— — Parts	56	53 50..
30.	— Littoral Méditerr	485	471
.....	— Nord de la France, 250 f.	270	291
30.	— Sud-Ouest, 500 f. t. p	360	380
10.	— Industrielle, 100 f.	124	120
.....	Est-Lumière, 100 f	70	57
56.	Forces Mot. Rhône, part	2845	2375
15.	— et Lumière (Soc. gén. de 250 f.)	256	235
50...	Gramme, 500 f.	680	623
15.	Loire et Centre (Cie Elec.) 250	290	270
25.	Secteur Clichy, 500 f.	240	180
15.	Sud Electrique (Soc.) pr. 250	275	250
30.	Travaux d'Eclair. et Force	406	413
20.	Le Triphasé, 500 f.	440	442
.....	Union d'Electricité, 250 f	199	188
	OBLIGATIONS		
17.50	Câbles Tél. 3 1/2, 500 f	358	345
20.	— 4 % (Austr. Nlle Caléd.)	488	486
20.	— 4 % 500 f. (Transat.)	449	454
25.	Distrib. d'Energie Elect. 5 %	330	343
15.	— d'Elec. (Parisienne de) 3 3/4 %.	250	253
20.	— 4 %, 500 f	325	324
25.	— 5 %, 500 f	376	385
30.	Eclairage Elec. Bons 6 %	503	517
30.	Edison (Cie Gie) Bons 500 f., 6 %.	505	502
20.	Elec. de Paris, 500 f., 4 %	328	326
20.	— Cie Génér. 4, 500 f.	386	430
20.	— — 4 %, 2e sér., 500 f	400	381
20.	— — 4 %, 3e sér., 500 f	347	363
30.	— — 500 f., 6 %	509	515
.....	— de Varsovie, 500 f., 4 1/2 %	398	398
22.50	Elec-Chim. (Sté d'), 500 f., 4 ½ %	490	410
22.50	— 500 f., 4 ½ % net 1916	478	478
25.	Energie Elec. (Cent. d') 5 % 500 f	344	352
30.	— — 500 f. 6 %	460	478
30.	— Basse-Isère, Bons 6 % net 500 f	499	506
12.	— (Havraise d') 300 f. 4 %, A B.	220	220
.....	— — 500 f., 6 %, C	504	508
25.	— du Litt. Méditerr. 500 f., 5 %.	385	410
20.	— — 500 f., 4 %	319	330
30.	— Bons 6 % (rouges), 500 f	502 50..	505
30.	— — (verts)	503	510
22.50	— Nord de la France, 500 f., 4 ½.	315	341
25.	— du Sud-Ouest, 5 %, 500 f	343	371
30.	— — 500 f., 6 %, verts	490	487
30.	— — 500 f., 6 %, rouges	489	482
30.	— — 500 f., 6 %, violets	483	488
25.	— Industrielle, 500 f., 5 %	350	345
30.	— — Bons 500 f., 6 %	455	480
22.50	Est-Lumière 500 f., 4 ½ %	415	424
25.	— 500 f., r. 5 %, jouiss	426	410
30.	Expl. Elec. Bons 6 %, 500 f.	462	452
25.	Loire et Centre (Cie Elec.) 500 f 5 %	355	350
30.	— — 6 %, r. 500 f	490	486
22.50	Ouest-Lumière, 4 ½ % r. 500 f	413	432
30.	Ouest-Lum., Bons 6 %, 1917, 500.	480	492
30.	— Bons 6 %, 1918, 500 f	480	484
20.	Forces Motr. du Rh., 4 %, 500 f.	...	317
25.	— Hte Durance, 500 f., 5 %	349	370
25.	Sud-Elec., 5 %, 500 f	345	342

Dern. rev.	OBLIGATIONS	Cours précédent.	Cours actuel.
30.	Sud-Elect. Bons 6 % 500 f., sér. verte	497	500
30.	— — sér. rose	498	506
22.50	Le Triphasé 4 ½ %, 500 f.	371	371
30.	— Bons 6 %, 500 f.	498	497
20.	Thomson-Houston, 4 %, r. 500 f.	366	368
30.	— 6 % net d'impôts, 500 f	520	522
20.	Téléph. (Sté Industr.), 4 %, 500 f	369	353
30.	Union d'électricité, 500 f. 6 %.	480	470
	ACTIONS		
.....	Electricité de Marseille, 500 f.	407	...
.....	— de Varsovie, ord	735	735
.....	Cie Lorraine d'Electr., 500 f	700	700
.....	Union électrique, 100 f.	80	80
30.	Versaillaise Tram-Electr. (pr.)	585	585
20.	— — ord.)	390 50..	...
	OBLIGATIONS		
22.50	Bréguet 4 ½ %	428	...
30.	— 6 %	497 50..	...
.....	Eclairage des Villes, 100 f.	40	40
25.	— 500 f.	425	425
25.	Gaumont (Etabl.)	380	380
12.50	Nogentais, 250 f	181	190
15.	— 500 f	305	305
.....	Secteur Rive gauche 5 %	413	319
20.	Versaillaise Tram-Electr. 500 f	420	420
.....	Cairo-Electric	276	220
.....	Central Electrique Nord	19	20
10.	Tramw, Lille-Roubais	230	209
37.	Const. Elect. Lyon-Dauphiné	720	720
40.	— Méc.-Suresnes	395	395
20.	Tramways de Bordeaux, 4 %	340	348
30.	— Est-Parisien, 500 f	475	489
20.	— (Gle Fse de) 4 %	253	262 25..
20.	— (Parisienne de)	315	296
20.	— de Paris et d. Sei. 4 %.	293	310
25.	— — — — 5 %.	352	360
25.	Tramways de Rouen	...	389
8.d	American Telep. Teleg	1740	1715
10.	App. Elect. Grammont, 100 f	174	164
10.	Appar. Elect. Grivolas, 100 f	125	119
30.	Biterroise de Force, 500 f.	505	505
26.21	Câbles Tél. 1re sér.	875	730
3.20	Câbles Tél. parts 2e sér	86 75..	77
15.	Centrale d'Entr. (A. D. Riv. et Cie)	395	395
.....	— parts (c. 1 att.)	160	160
20...	Eclair. Elect. Bordeaux 250 f.	520	520
6.	Elect. Limoges, priv	113	114
17.50	Energie El. Basse-Loire, 250 f.	371	371
7.50	F. Mot. Ecl. Grenoble ord	220	220
.....	Locations élec. 100 f	46	40
.....	Paz et Silva (Etabl.) 100 f.	122	145
32.50	Roubaisienne d'Eclair. 250 f	300	300
.....	Secteur Rive Gauche, parts	31	30
22.50	Aluminium Français, 500 f. 4 ½.	369	361
30.	App. Elec. Gram. (Bons) 6 % 1919	484	484
25.	Ariège (Métal), 500 f., 5 % nouv	410	410
25.	Basse-Loire (Energ. él.) 500 f. 5 %.	302	320
25.	Biterroise de Force (Sté) 500 f. %	374	366
22.50	Bozel (Electro-Chim.), 500 f. 4 ½.	395	377
22.50	Canalisation électr. 500 f. 4 ½.	430	310
15.	Electricité de Limoges 3 % 500 f.	230	236
20.	— 4 %, 500 f.	315	315
.....	— (Cie) Madrid) 5 %, 500.	300	300
.....	— de Moscou, 500 f. 5 %.	399	399
.....	Electrique du Blésois 500 f. 5 % n.	459	459
.....	— de L.-et-Cher, 500 f. 5 %.	417	417
25.	Electro-Mécan. 500 f. 5 %.	429	429
22.50	Forces Motr. d'Auv. 500 f. 4 %.	450	450
25.	Gaz Franco-Belge, 500 f. 5 %.	382	335
.....	Gaz de Rosario, 500 f. 5 %.	105	106
.....	Hydro-El. B.-Pyrén., 500 f., ½.	415	415
.....	Lumière et Traction, 500 f. 3 %.	301	301
7.50	Métallurgiq. Périg., 150 f., 5 % n.	158	149
10.	— — 250 f., 4 %.	211	218
7.50	— 500 f. 5 %	372	373
22.50	Roubais. d'Eclair., 500 f., 4 ½.	305	320

Le Gérant : L. De Soye.

TABLE DES MATIÈRES

DES TOMES L et LI

(JANVIER-DÉCEMBRE 1920)

NOTA. — Les titres en plus petits caractères désignent les analyses de Brevets.

Accumulateurs.

Accumulateurs électriques à mercure..... 188
Bouchon de fermeture perfectionné pour accumulateurs 66
Dispositif automatique pour la charge de batteries d'accumulateurs..... 331
Enquête sur traction électrique par accumulateurs 257
Installation pour charge de batteries d'accumulateurs..... 452
Nouveau redresseur de courant alternatif pour charge d'accumulateurs, par J. Quinet..... 250
Soins à donner aux accumulateurs transportables, par Jean Lajugie..... 112

Appareillage.

Appareil automatique d'allumage et extinction..... 502
Applique pour lampe..... 282
Attache-fils..... 43
Attache-fils pour conducteurs..... 282
Boîte de jonction pour conducteurs..... 235
Bornes de connexions d'interrupteurs..... 91
Les contacts massifs avec soufflage magnétique, par M. Bizot 416
Commutateur automatique pour fer à repasser..... 92
Commutateurs à maximum..... 116
Contrepoids de suspension..... 332
Coupe-circuit à magasin de fusibles..... 284
Disjoncteur automatique..... 258
Elément de résistance et rhéostat perfectionné..... 187
Ferrure pour isolateur de ligne de campagne..... 42
Fusibles calibrés pour limiter le courant..... 381
Indicateur de pertes de terre..... 188
Interrupteur à action rapide..... 547
Interrupteur commutateur..... 429
Interrupteurs encastrés montés sur tubes... 502
Interrupteurs à douilles..... 282
Interrupteurs à huile, à compression d'huile, par R. Wolff 486
Interrupteurs à ressort..... 257
Isolateur renforcé..... 68
Limiteur de courant alternatif..... 42
Minuterie à huile..... 258
Perfectionnement aux appareils d'intercommunications à boutons..... 188
Perfectionnement aux douilles à baïonnette..... 403
Perfectionnement dans les éléments des résistances électriques..... 187
Perfectionnement aux essayeurs de fusible ou de courant..... 91
Perfectionnement aux fiches de courant..... 452
Perfectionnements aux fixations des conducteurs sur les bornes..... 161
Perfectionnements aux relais à maxima..... 402
Petit interrupteur électrique..... 235
Petit interrupteur rapide..... 209
Prise de courant pour fil souple..... 502
Prise de courant indécrochable..... 354
Support pour lampe électrolytique..... 476
Support pour réflecteur de lampe..... 331

Applications diverses.

Batterie galvanique..... 476
Combinateur à combinaisons secrètes..... 258
Condensateur à capacité variable 429
Construction de noyaux magnétiques..... 501
Détermination des fusibles pour redresseurs à mercure, M. G..... 495
Dispositif régulateur applicable au courant continu et alternatif..... 403
Distribution électrique de l'heure par réseaux..... 187
Ecrans éliminateurs de rayons secondaires en radiologie, par F. Gibon 14
Electro-aimants de levage, par M. G..... 113
Embrayage magnétique et compteur électrique..... 331
Essais comparatifs de soudures électriques, par M. G. 256
Fabrication de condensateurs électriques..... 236
Fer à souder électrique..... 210
Galvanisation à sec, M. G..... 375
Horloge électrique..... 236
Installation électrique portative pour frigorifique 185
Interrupteur rotatif pour magnéto..... 284
Lampe de poche à magnéto..... 283
Lanterne électrique pour vélos et motos..... 381
Magnéto à disques..... 284
Magnéto oscillante à haute tension, M. G..... 375
Magnéto haute tension pour 4 cylindres..... 476
Mandrin électro-magnétique..... 139
Marteau électromagnétique..... 524
Modification dans la construction des magnétos..... 210
Un nouveau relais amplificateur, L. P..... 496
Outil électrique portatif..... 501
Perfectionnements aux installations électriques actionnées par le vent..... 282
Perfectionnements aux soupapes électriques..... 282
Perfectionnements aux systèmes de signalisation.... 354
Procédé de fabrication d'aimants en fonte..... 429
Procédé pour la régulation automatique de résistances liquides..... 429
Progrès récents en thermo-électricité, M.-G... 514
Recherche électrique des minerais métalliques, M. G..... 495

Rupteur fixe pour magnéto d'allumage haute tension. 160
Signaux de travail dans les ateliers, par Fornaro 280
Transmissions photographiques par T. S. F... 353
Vérification d'une bobine d'allumage, par Jean Lajugie..... 207

Chauffage électrique.

Appareils de chauffage électrique à la foire de Lyon, par L.-D. Fourcault..... 136
Chauffage des générateurs par l'électricité..... 68
Le chauffage par radiateurs électriques, par R. Wolff 518
Contrôle de la température des fers à repasser,..... 309
Doit-on faire du chauffage électrique ? 497... 541
Radiateurs électriques inclinés..... 209
Résistance de chauffage à éléments démontables..... 139

Distributions d'énergie.

L'amélioration du facteur de puissance des distributions en courant alternatif, C. S. 419-544..... 467
Appareil de protection contre les décharges et excès de voltage..... 309
Application pratique de la nouvelle tarification prévue par le Comité d'électricité, par P. Burdin 529
Cabine blindée pour commandes à haute tension, C. R.....
Calcul des sections des conducteurs dans les installations d'abonnés, par P. Maurer..... 295
Calcul simplifié des lignes d'éclairage, par Fornaro 255
Calibrage et emploi des fusibles, par R. Wolf 179
Contrôle de sous-station depuis la station centrale... 501
Dispositif destiné à limiter la tension mécanique des conducteurs..... 332
Effet de court-circuit, par Fornaro 440
Installation de fortune pour grande portée, par R. Marzolin 472
Le « Load dispatcher » appliiqué aux réseaux électriques et aux compagnies de distributions, par M. P..... 149
Perfectionnements aux dispositifs de protection des lignes 381
Poste de distribution de courant haute tension de la Société du « Sud-Lumière », par R. Wolff 73
La plus longue portée de ligne de transmission d'énergie..... 114
La plus longue portée entre pylônes, par L.-G. Denis 186
Projet de transport à 220.000 volts, par M. G.. 231
Protection des distributions à courant alternatif, par M. Marre, 325, 350..... 371
Protection des installations contre les surtensions... 188
Recherche du sens de rotation des phases dans les installations à courants polyphasés, par E. François .....97.... 126
Résistance placée sur le neutre d'un circuit triphasé, par M. M. 13
Vérification d'une ligne avant mise sous tension, par Fornaro 539

Divers.

Les accidents de l'électricité, par F. G 39
Les carrières administratives pour les électriciens 516
Concours international de la fondation Montefiore..... 497
Démarreur à impédance..... 140
Dispositif de décharges d'électrons..... 354
L'Electrification des usines textiles, M. G..... 376
Les électrons et la désintégration atomique, M. G..... 404
Elément de résistance réagissant à la lumière..... 258
Les Expositions industrielles..... 206
Fabrication de matière isolante..... 66
L'ingénieur électricien français dans la société actuelle..... 62
Les installations électriques au Japon 206
Laminoir à commande électrique le plus puissant du monde, R. S..... 522
Limite des recherches dans le champ ultra-atomique par Blake 229
Nécrologie..... 497
Projet de cahier des charges pour la fourniture des conducteurs en aluminium 310
La propulsion électrique à bord des cuirassés, M. G..... 328
Redresseurs électromagnétiques ou permutatrices, par R. Sivoine..... 151
Résistances électriques au thallium..... 68
Solutions colloïdales pour batteries de piles sèches 18
La soudure des différents métaux par l'arc électrique, par Ch. Andry-Bourgeois..... 536
La soudure électrique à l'arc, par C. Andry-Bourgeois, 441, 462..... 482
Système d'amplification propre à réaliser une impédance négative..... 403
La suppression de la magnéto dans l'automobile, M. G 276
Téléphonie et métaphysique, par L.-D. Fourcault 485
Transport de force à grandes distances par le gaz, R. S..... 131

Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français 115
Les victimes de la science 540

Eclairage, lampes.

Appareil de mesure directe de l'intensité lumineuse moyenne sphérique d'une source lumineuse, M. G. 205
Couple thermo-électrique pour éclairage 41
Dispositif de sécurité pour lampe à incandescence 67
Lampe à arc flamme pour projections 332
Lampe à arc à projection directe 67
Lampes à deux filaments, 42 116
Lampe électrique de poche 92
Lampe à incandescence par arc rotatif en vase clos 524
Lampe de signal avec capot amovible, par F. Babey 447
Liseuse-veilleuse 452
Petite batterie portative d'éclairage 210
Protecteur de lampes pour phares de véhicules 92
Quelques remarques sur l'emploi des lampes 1/2 watt, par R. Wolff 35
Réflecteur combiné pour automobile 236
Réflecteur pour lampe à incandescence 236

Electrochimie, Electrométallurgie.

Décapage chimique du cuivre et récupération simultanée du métal et de l'acide sulfurique, par M. J. Rivière 12
Electrodes d'essais pour fours électriques 476
Electrolyse 161
Electrotypie 283
Four électrique à induction 42
Four électrique à résistance 92
Four électrique polyphasé 188
Four électrique triphasé 524
Four électrique à résistance pour carbone 332
Fours électriques à tubes de quartz 18
Institut d'électrochimie et d'électrométallurgie de Grenoble 303
Machine automatique de soudure à l'arc, M. G. 424

Enseignement.

Cours du Conservatoire national des Arts et Métiers 479
La crise de l'apprentissage, par J. Goussin 86
Une école supérieure de perfectionnement industriel 353
Enseignement pratique de l'électricité industrielle (L'Ecole de l'*Electricien*), par R. Sivoine, 19, 44, 69, 93, 116, 140, 163, 189 211, 237, 259, 285, 333, 355, 382, 405, 430, 453, 477, 525 548
Enseignement technique en Alsace-Lorraine, par Henri Gabelle 176
Le rôle de l'Ingénieur-électricien, par L. Barbillion 398

Jurisprudence.

A propos de l'impôt sur le chiffre d'affaires, 399 448
Bénéfices de guerre (arrêt du Conseil d'Etat) 41
Excédents de Force-Tramways 186
Paiement des fournitures faites pendant l'occupation 256

Machines génératrices et moteurs.

Accidents et dérangements aux machines à courant continu, par R. Sivoine, 337, 367 391
Avantages relatifs des différents moteurs à courant alternatif, M. G. 302
Calcul d'un rhéostat, par G. Dumé 448
Calcul des rhéostats de démarrage pour moteurs à courant continu, par M. Marre 304
Calcul simplifié d'un rhéostat de démarrage courant continu, par Fornaro 349
Causes du coup de feu au collecteur, par Fornaro 15
Conduite des moteurs de raboteuse 236
Couplage pour régulateur de tension avec transformateurs 67
Différents montages du moteur monophasé à collecteur, par J. Quinet 385
Dispositif pour améliorer le facteur de puissance des moteurs asynchrones 43
Dispositif de démarrage pour moteurs asynchrones 501
Dispositif de protection pour génératrice 210
Dispositif de régulation des groupes convertisseurs à volant 160
Dynamos et moteurs à enroulement auxiliaire 91
Eclatement d'un moteur triphasé synchrone, par G. Jochmans 494
Enroulements de dynamos en faisceaux 162
Enroulements de machines dynamos-électriques 284
Graissage des moteurs électriques, L. P. 158
Le graissage des moteurs électriques, par Fornaro 308
Méthode graphique de calcul d'un rhéostat de démarrage à courant continu, par D. Vaslot. 322
Montures de balais 258
Moteurs synchrones à démarrage en asynchrones 67
Organes rotatifs de prise de courant 43
Perfectionnements dans les machines magnéto-électriques 381
Perfectionnements dans le réglage des moteurs d'induction 187
La question des dynamos homopolaires, par R. Neveux 110
Réglage des pôles auxiliaires des commutatrices 547
Régulation des machines dynamo-électriques 309
Régulateur pour moteur électrique 331

Séchage des induits au four, M. G..... 541
Séchage de l'isolant d'un générateur après sa mise en place, G. M..... 472
Surexcitation des moteurs synchrones, par A. Tétrel 210
Système de transmission dynamo-électrique..... 235
Transformation d'un alternateur de 600 KVA de 500 volts à 220 volts, par Léon Depierris. 49
La ventilation des moteurs de traction, L. P. 523

Mesures, unités et appareils.

La conductivité de l'eau de mer, M. G..... 114
Construction et emploi des compteurs à énergie réactive, par A. Brocheré..... 397
Dispositif de compteur moteur pour courant alternatif..... 161
L'étalonnage des compteurs et wattmètres pour grandes puissances, par L. Barbillion et A. Segond 181
Essai au frein des moteurs électriques, par J. Lajugie..... 252
Essais d'isolement de l'huile et des gants en caoutchouc, G. M..... 471
Le laboratoire d'électricité de l'Université de Lausanne, par J. Quinet, 361..... 385
Mesure du débit de cours d'eau de moyenne importance, par R. Sivoine..... 84
Mesure de la puissance d'un moteur monophasé ou triphasé à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre, par R. Sivoine..... 11
Méthodes et nouveaux appareils de mesures électriques des joints de rails par G. Lebaupin, 193..... 219
Nouvelle méthode pour la mesure des courants continus de grande intensité, par M. Marre.. 274
Méthode de détermination au voltmètre des résistances d'isolement, M. G..... 352
Recherche des défauts sur câbles armés à l'aide d'amplificateurs, par G. Roche..... 277
Réglage et étalonnage d'un compteur monophasé 234
Unification du voltage en Suisse, M. G..... 447
Voltage d'essais obtenus au moyen de compensateurs, par M. G..... 255
Vérification et étalonnage des compteurs d'abonnés, par J. Lajugie..... 319
Vérification des mégohmètres au moyen de faibles résistances, M. G..... 303

Production de l'énergie, force motrice.

Aménagement du bassin Toce-Devero, par G. Malgorn..... 457
Aménagement et distribution de l'eau pour la production de l'énergie électrique, par C. Schmitt, 155..... 181
Electrification de la Belgique, par J. Carlier.. 56
Etude hydrographique et aménagement d'un bassin montagneux, par G. Malgorn, 433... 457
Installation hydro-électrique de Grossoto, par M. G..... 197
Installation hydro-électrique par eau récupérée. L'usine des Vernes, par P. Guieu et F. Babey..... 318
Installation hydro-électrique de Schawinigan Falls, M. G..... 353
Installation hydro-électrique de Tencin, par P. Guieu et F. Babey..... 242
Nouvelle méthode de production de courant continu à haute tension, par J. Quinet..... 466
Reconstruction des usines d'électricité de la région Valenciennes-Anzin, G. L..... 54
Usines électriques et supercentrales de la région parisienne, par L. Pahin, 265..... 290
Utilisation de l'énergie de l'embouchure des fleuves, par Ch. Andry-Bourgeois..... 218

Règlementation, lois et documents administratifs.

Arrêté fixant les conditions d'approbation des types de compteurs..... 424
Cahier des charges-type de concession hydraulique 473, 498..... 542
Cessation du régime temporaire des brevets. 66
Circulaire relative à la création des réseaux ruraux 306
Contrôle et frais de contrôle des distributions d'électricité..... 159
Décret sur les demandes de concessions d'usines hydrauliques, 376..... 400
Index économique électrique..... 546
Marchés pour installations électriques..... 40
Ministère du Travail. Avis pour l'application de la loi de 8 heures..... 186
Modèle de règlement d'eau pour les entreprises autorisées..... 449
La nouvelle législation française des poids et mesures, par Mg. J. Rivière..... 106
Péréquation des prix du charbon..... 281
Projet de standardisation des fils de trolley... 329
Régime transitoire des autorisations pour l'établissement d'usines hydrauliques..... 138
Règlementation des petites postes récepteurs de T. S. F..... 115
Révision éventuelle des cahiers des charges des distributions d'énergie électrique alimentées par des usines hydrauliques, 63... 89

Télégraphie, téléphonie, T. S. F.

Alimentation directe des réseaux téléphoniques en service 283
Amplificateur à 3 lampes à résistance 382
Balai métallique pour T. S. F. 41
Calcul et montage des condensateurs pour T. S. F., par P. Maurer 278
Combinateur en télégraphie rapide, par J.-B. Pomey 132
Construction pratique de postes récepteurs de T. S. F., par Maurer 6
Dispositif pour engendrer des oscillations de fréquence unique 429
Dispositif récepteur pour T. S. F. 452
Générateur à rayons cathodiques applicables à la T. S. F. 403
Manipulation d'appareils à distance à l'aide d'ondes de T. S. F. 18
Manipulateurs automatiques de télégraphie, par J.-B. Pomey 272
Mise à la terre par conduites 257
Méthodes de transmission télégraphique par câbles sous-marins, par J.-B. Pomey 436
Notes sur les nouveaux appareils de télégraphie rapide, par J.-B. Pomey 33, 59, 101 ... 132
Nouveau dispositif radiotélégraphique d'alarme 157
La nouvelle station de T. S. F. de Croix d'Hins 415
Perfectionnements aux antennes 43
Perfectionnements aux amplificateurs à courants faibles 547
Perfectionnements aux récepteurs de T. S. F. 91
Perfectionnements aux systèmes générateurs d'oscillations 161
Poste pour la réception d'ondes amorties ou non amorties, par M. S 158
Que deviennent les autorisations des postes de T. S. F ? 279
Réception des ondes entretenues, par P. Maurer 413
Relai téléphonique électrolytique 162
La télégraphie rapide : appareil Buckingham, par J.-B. Pomey 342
La téléphonie multiple simultanée, par M. G. 184
Téléphone secret par amplificateurs, par P. Maurer 199
Transmission automatique en télégraphie, par J.-B. Pomey 245

Traction, chemins de fer et tramways.

Convertisseur à vapeur de mercure pour le tramway de Lausanne, M. G. 157
Electrification des chemins de fer de l'Etat autrichien, G. M. 472
Electrification des chemins de fer de l'Etat belge, par A. Tétrel 409
Electrification partielle des chemins de fer français, par A. Tétrel 505
Electrification du réseau Chicago-Milwaukee et St-Paul Railway, par A. Térel, 79, 121, 125 169
Protection des groupes transformateurs, par A. Tétrel 79
Récupération de courant par freinage-électrique par A. Tétrel 169
La signalisation électrique du chemin de fer métropolitain de Paris, par Koch 226
Signaux avertisseurs électriques sur les chemins de fer, F. G. 146
Sous-stations à 100.000 volts et groupes transformateurs du réseau Chicago-Milwaukee Railway, par A. Tetrel 25
Système de contrôle pour moteurs actionnant un véhicule 209
Le système d'intercommunication téléphonique du chemin de fer métropolitain de Paris, par P. Maurer 37
Système perfectionné de locomotives à accumulateurs 354
La traction à courant continu 3.000 volts, par A. Tétrel 121

Transformateurs.

Montage en zig-zag de transformateurs, par R. Sivoine 417
Refroidissement des transformateurs, par radiateurs, par M. G. 232
Transformateurs à claire-voie 140
Un transformateur colossal, R. S 327
Transformateur pour sonneries à basse tension 283

PARIS. — L. DE SOYE, IMPR., 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES.

c

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

RULE ADOPTED BY THE LIBRARY COMMITTEE MAY 17, 1910

If any book, the property of the Institute, shall be lost or seriously injured, as by any marks or writing made therein, the person to whom it stands charged shall replace it by a new copy, or by a **new set** if it forms a part of a set.

Form L53-10,000-30-Mr.'22

Author

Shelf No. [redacted]

Title

L'Electricien

Edition Year

V. 50 -51 1920

Date Borrowed	SIGN HERE	Returned
	ROSE BINDERY CO. 128986	S '22

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LIBRARY

SIGN THIS CARD AND LEAVE IT in the tray upon the desk.

NO BOOK may be taken from the room UNTIL it has been REGISTERED in this manner.

RETURN this book to the DESK.

FORM L 44-5000-30-3-22